



**Gustavo Henrique Nunes Lopes**

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

## **Modelo de Utilização Conjunta das Metodologias *Lean* e TRIZ**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia  
e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Victorovna  
Guitiss Navas, Professora Auxiliar, Faculdade de  
Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes  
Nunes  
Vogais: Prof. Doutora Anabela Carvalho Alves  
Prof. Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro de 2015**



## **Modelo de Utilização Conjunta das Metodologias *Lean* e TRIZ**

© 2015 Gustavo Henrique Nunes Lopes

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

### **Copyright**

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventada, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



# AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Helena Victorovna Navas pela sua empenhada orientação, pela sua particular dedicação, simpatia, e profissionalismo, e pela boa vontade na transferência de conhecimento.

Agradeço aos meus pais o apoio incansável durante os estudos académicos que culminam para já com esta dissertação, bem como ao meu irmão e à minha cunhada. Agradeço também aos meus avós, tios e primos de Arganil todo o apoio, bem como da minha tia Céu e família em Sydney.

Agradeço a todos os amigos que fizeram dos anos académicos muito bons tempos, e que felizmente extravasaram a faculdade. Agradeço aos amigos do Entroncamento, aos amigos da faculdade do grupo “Avc”, e ao Afonso Borges e Daniel Matos pelo seu apoio transversal.



# RESUMO

As exigências crescentes e as rápidas mudanças nos mercados obrigam as organizações a pensarem cada vez mais na inovação e melhoria contínua. Hoje em dia qualquer estratégia de crescimento, e até mesmo a própria sobrevivência nos mercados, passa cada vez mais pela aplicação de novas abordagens e metodologias.

A redução de desperdícios, melhoria contínua, inovação e a capacidade de resolução de problemas tornaram-se de extrema importância nas últimas décadas. Nesta linha estratégica, a metodologia *Lean* é reconhecida e divulgada dentro das organizações devido aos benefícios advindos da sua aplicação e dos resultados positivos na identificação de desperdícios. Identificados os desperdícios, a metodologia especializada na resolução de problemas é a TRIZ – Teoria da Resolução Inventiva de Problemas.

A TRIZ tem vindo a ganhar popularidade tanto a nível académico, como a nível empresarial. A TRIZ promove a inovação sistemática e a procura de novas soluções para os problemas existentes, apresentando técnicas e ferramentas analíticas para a resolução de problemas dos produtos, processos e organizações, permitindo assim desenvolver soluções inovadoras. Esta metodologia permite também que a inovação deixe de ser esporádica, não dependendo apenas da capacidade individual de cada um e de momentos de inspiração, evoluindo para a inovação sistemática que pode ser gerida e ensinada.

Torna-se de muita utilidade a realização de estudos de aplicação conjunta das duas metodologias. Nesta dissertação foi elaborada a proposta de um modelo, que permite efetuar a análise de sistemas com vista à identificação dos desperdícios/contradições e a sua eliminação/redução, através da utilização conjunta das ferramentas analíticas da TRIZ e do *Lean*.

Foi demonstrado que as metodologias complementam-se. A TRIZ com a sua vertente de inovação e de resolução de problemas poderá constituir um contributo importante nos sistemas de aplicação do *Lean*.

**Palavras-chave:** TRIZ, *Lean*, Inovação Sistemática, Resolução de Problemas, Modelo TRIZ & *Lean*, Soluções Padrão de Problemas.





# Abstract

Today's growing demands and fast changes in markets compel organizations to consider innovation and continuous improvement. Mere survival in the market and growth strategies have become increasingly about applying new approaches and methodologies.

The waste reduction, continuous improvement, innovation and problem-solving skills became very important in recent decades. In this field, Lean methodology is recognized and disclosed within organizations due to the benefits resulting from its application and the positive results in identifying waste. Having identified the waste, the following step for specialized methodology in problem solving is the TRIZ – Theory of Inventive Problem Solving.

The TRIZ has gained popularity on both academic and professional grounds. It promotes systematic innovation and the search for new solutions to existing problems, with analytical tools and techniques to solve production problems and organizational processes and procedures, thus developing innovative solutions. This methodology also makes it possible for innovation to happen non-sporadically - not depending solely on the capacities of a single problem-solver - and evolving into a form of systematic innovation that can easily be managed and taught.

It is therefore very useful to undertake studies of joint application of these two methodologies. This thesis accompanies the development of a proposed model that allows for systematic analysis in order to identify waste/contradictions and their elimination/reduction, through the joint use of analytical tools of TRIZ and Lean.

It has been shown that the methodologies complement each other. The TRIZ with its aspect of innovation and problem solving can make an important contribution in the Lean application systems.

**Key-words:** TRIZ, Lean, Systematic Innovation, Solving Problems, Standard Problem Solutions, Flowchart.



# ÍNDICE DE MATÉRIAS

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento .....	1
1.2	Objetivos, Metodologia e Contributos da Dissertação .....	3
1.3	Estrutura da Dissertação .....	4
2	Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ) .....	5
2.1	Evolução Histórica da TRIZ .....	6
2.1.1	Desenvolvimento da TRIZ Clássica .....	7
2.1.2	I-TRIZ .....	9
2.2	Introdução à Metodologia TRIZ .....	10
2.3	Fundamentos da Teoria TRIZ.....	12
2.3.1	Níveis de Inovação .....	12
2.3.2	Contradições Técnicas e Físicas .....	14
2.3.3	Análise de Recursos.....	15
2.3.4	Idealidade de um Sistema .....	17
2.3.5	Aplicação de Bases de Dados de Causa e Efeito na Resolução de Problemas .....	19
2.3.6	Princípios Inventivos e Matriz de Contradições .....	22
2.3.7	Resolução de Problemas através dos Princípios Inventivos e da Matriz de Contradições.....	24
2.3.8	Análise Substância-Campo .....	26
2.3.9	ARIZ.....	31
2.3.10	Padrões de Evolução.....	33
2.3.11	Inércia Mental.....	34
2.3.12	Técnicas e Ferramentas Analíticas Principais da Metodologia TRIZ.....	36
3	Filosofia <i>Lean</i> e Outras Metodologias.....	39
3.1	Metodologia <i>Lean</i> .....	40
3.1.1	Pilares Conceptuais do <i>Lean</i> .....	42
3.1.2	Ferramentas do <i>Lean</i> .....	42
3.1.3	Tipos de Desperdício Segundo o <i>Lean</i> .....	44
3.2	<i>Poke-Yoke</i> e os 40 Princípios Inventivos .....	44
3.3	Técnicas de Análise de Causas .....	46
3.3.1	Identificação de Causas pelo Diagrama de Ishikawa.....	46
3.3.2	Árvore de Falhas.....	47
3.3.3	Relatório de Avarias Penalizantes .....	48
4	Proposta de Modelo TRIZ & <i>Lean</i> .....	51
4.1	Modos de Abordagem das Metodologias.....	51
4.2	Paralelismos entre <i>Lean</i> e TRIZ.....	52
4.3	Nível de Idealidade/Perfeição Segundo TRIZ - <i>Lean</i> .....	53
4.4	Eliminação de Desperdício Através das Contradições.....	54
4.5	Descrição do Modelo Proposto .....	55

4.6	Análise de um Sistema Passo-a-Passo .....	56
4.6.1	Análise de um Sistema Técnico/Organizacional .....	56
4.6.2	Classificação e Formulação do Problema .....	57
4.6.3	Geração das Soluções do Problema .....	58
4.6.4	Nível de Idealidade da Solução .....	59
5	Discussão de Resultados.....	61
6	Conclusão .....	63
	Bibliografia.....	65
	Anexos.....	69
	Anexo A – Matriz de Contradições .....	70
	Anexo B – Definições dos Parâmetros Técnicos e dos Princípios de Invenção .....	76
	Anexo C – 76 Soluções-Padrão .....	86

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Processo Normal de Desenvolvimento de Soluções .....	11
Figura 2.2 - Posicionamento da TRIZ Num Processo de Criação de Soluções .....	11
Figura 2.3 - Fluxograma da Análise de Recursos .....	17
Figura 2.4 - Base de Dados Online <i>Production Inspiration</i> – Interface 1 .....	21
Figura 2.5 - Base de Dados Online <i>Production Inspiration</i> – Interface 2 .....	21
Figura 2.6 - Soluções Através da Base de Dados <i>Effects Database</i> .....	22
Figura 2.7 - Diagrama Elementar do Modelo de Substância-Campo (Sistema Completo) .....	26
Figura 2.8 - Resolução de um Sistema Incompleto .....	28
Figura 2.9 - Resolução de um Sistema Completo com Efeito Prejudicial .....	28
Figura 2.10 - Resolução de um Sistema Completo Insuficiente .....	29
Figura 2.11 - Solução Geral 1.....	29
Figura 2.12 - Solução Geral 2.....	30
Figura 2.13 - Solução Geral 3.....	30
Figura 2.14 - Solução Geral 4.....	30
Figura 2.15 - Solução Geral 5.....	30
Figura 2.16 - Solução Geral 6.....	31
Figura 2.17 - Solução Geral 7.....	31
Figura 2.18 - Fluxograma do Conjunto de Passos para Resolver um Problema Através do ARIZ .....	33
Figura 3.1 - Pilares do <i>Toyota Production System</i> .....	42
Figura 3.2 - Diagrama de Ishikawa Representativo dos Sete Tipos de Desperdício e seus Efeitos.....	44
Figura 3.3 - Diagrama de Ishikawa Genérico .....	46
Figura 3.4 - Diagrama de Ishikawa com os 5M's .....	47
Figura 3.5 - Exemplo Prático da Árvore de Falhas.....	48
Figura 4.1 - Diferentes Abordagens de uma Empresa .....	52
Figura 4.2 - Semelhança Entre a TRIZ e o <i>Lean</i> Quanto à Perfeição.....	54
Figura 4.3 - Integração das Ferramentas TRIZ Numa das Atividades do <i>Lean</i> .....	55
Figura 4.4 - Fase do Processo Normal de Criação Onde se Aplica o Modelo Criado .....	55
Figura 4.5 – Modelo Proposto para a Análise de um Sistema Técnico/Organizacional .....	56
Figura 4.6 - Primeira Parte do Modelo - Análise de um Sistema Técnico/Organizacional .....	57
Figura 4.7 - Segunda Parte do Modelo – Avaliação Quanto à Existência de Desperdício/Contradição.....	58
Figura 4.8 - Terceira Parte do Modelo - Avaliação Quanto à Complexidade do Problema .....	58
Figura 4.9 - Quarta Parte do Modelo - Avaliação do Grau de Idealidade .....	59



# ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Exemplo Ilustrativo dos 5 Níveis Inventivos .....	13
Tabela 2.2 - 39 Parâmetros Técnicos ou de Engenharia Segundo a TRIZ .....	23
Tabela 2.3 - 40 Princípios Inventivos da TRIZ .....	24
Tabela 2.4 - Notação Utilizada nos Modelos de Substância-Campo .....	27
Tabela 2.5 - Classes das Soluções-Padrão .....	29
Tabela 2.6 - Técnica de "Pensamento de Janelas Múltiplas" .....	35
Tabela 2.7 - Técnica "Dimensão - Tempo - Custo" .....	35
Tabela 2.8 - Ferramentas da Metodologia TRIZ .....	36
Tabela 2.9 - Ligação Entre a TRIZ e o Pensamento Inventivo .....	37
Tabela 3.1 - Ferramentas da Metodologia <i>Lean</i> .....	43
Tabela 3.2 - Exemplo de Soluções Através do <i>Poke-Yoke</i> e dos Princípios Inventivos .....	45





## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARIZ	Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas
ISQ	<i>Innovation Situation Questionnaire</i>
I-TRIZ	<i>Ideation TRIZ</i>
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
RAP	Relatório de Avarias Penalizantes
RFI	Resultado Final Ideal
SIT	<i>Systematic Inventive Thinking</i>
SuField	<i>Substance Field Analysis</i> - Análise Substância-Campo
TRIZ	Teoria da Resolução Inventiva de Problemas
TPS	<i>Toyota Production System</i>
USIT	<i>Unified Structured Inventive Thinking</i>



# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento

O mundo atual está em rápida mudança, e surgem problemas atípicos. Problemas atípicos são aqueles para os quais não há ainda nenhuma solução ou procedimento conhecido. Hoje em dia, há problemas que surgem pela primeira vez. É necessário rearranjar o conhecimento e sabedoria para definir e resolvê-los (Saliminamin et al., 2012).

A inovação deixou de ser vista como um momento de inspiração ou como uma ocorrência descontínua e imprevisível, passando a ser encarada como uma atividade planeada e gerida, ou seja, a inovação como uma capacidade e não como um dom natural. As empresas estão a sentir cada vez mais a necessidade de inovação contínua e sistemática.

As técnicas tradicionais de engenharia e gestão tornam-se insuficientes e/ou ineficientes quando se trata da introdução na prática de novidades científico-tecnológicas ou quando se pretende implementar alterações radicais em sistemas já existentes (Navas et al., 2011).

Na atualidade, as empresas e organizações estão sujeitas a um mercado de características voláteis, e para se conseguirem manter de forma sustentada é imprescindível que tenham a capacidade de enfrentar grandes pressões e incorporar mudanças constantes e inovações de natureza bastante dinâmica e imprevisível. É portanto necessário que sejam ágeis e resilientes. É essencial a busca incessante por soluções dentro das mais variadas áreas da Engenharia, reunindo um conjunto de técnicas e conceitos que ajudem de forma organizada e sistemática a converter esta capacidade de resiliência em algo mais que um mero recurso ocasional, num traço marcado e intrínseco de inovação e adaptabilidade comum a todas as empresas e entidades que tenham como objetivo manter-se competitivas (Yarina, 2013).

Algumas dessas técnicas, associadas a resultados bastante satisfatórios, têm vindo a granjear uma crescente popularidade junto das empresas. Tal é o caso do *Lean*. Contudo, e como pretende este estudo concluir, é possível que a interação de vários conceitos - concretizados na forma de várias destas ferramentas - possa ter resultados ainda melhores, visto que dadas as características de cada técnica, a sua utilização conjunta consegue ter um efeito ainda mais abrangente, do que aquela que se retira da sua aplicação individual (Bligh, 2006).

De forma a fazer face a esta necessidade de constante evolução e resposta a adversidades, ou a panoramas diferentes, é importante que as empresas disponham do acesso a linhas adquiridas e incorporadas para a resolução imediata de problemas. Por vezes, uma solução a que se recorre é a comparação de um problema atual com um problema idêntico já ocorrido no historial da própria organização, ou mesmo de outras organizações, tomando o caso como exemplo para aplicação de soluções já existentes e comprovadas à resolução do problema atual. Esta forma processual de recorrer a cenários previamente documentados para a resolução de problemas correntes materializa-se na TRIZ, que consiste portanto numa ferramenta eminentemente associada à criação de soluções.

Quando se discute a temática das organizações, nunca deixa de ser pertinente referir-se também o empreendedor, que pode ir desde a pessoa singular, até grandes entidades ou grupos económicos, e que pode de igual forma abarcar problemas de todos os géneros nas mais variadas áreas, entre os quais se contam, por exemplo, a gestão de produtos e processos, a prestação de serviços e até mesmo o delineamento dos próprios modelos de negócio. O dilema com que um empreendedor muitas vezes se depara atualmente passa pela manutenção de um delicado equilíbrio entre a necessidade de inovar para auferir melhores resultados e a capacidade de nunca perder de vista uma consideração cuidada do risco. Está-se em querer que os problemas que decorrem desta dinâmica possam ter origem no inadequado processo de formulação de ideias para novos produtos (Carvalho, 2007), e como tal esta é uma área na qual se insere a TRIZ, dado o seu elevado potencial para fomentar a criação de ideias e soluções originais.

Novamente sobre a interação da TRIZ com outros conceitos, nomeadamente o *Lean*, verifica-se que existem divergências entre os diversos autores na literatura, talvez devido ao facto de se tratar de um conceito que, em plena génese nos dias que correm, apresenta mudanças contínuas e novas possibilidades a um ritmo bastante acelerado. Particularmente no que respeita à utilização conjunta da TRIZ e do *Lean*, Ikovenko et al. (2004) argumentam que a transformação - de um produto, processo ou mesmo da organização em si – é para o *Lean* um processo de melhoria contínua, e portanto essencial de um ponto de vista estratégico. Ora sob esta perspetiva as ferramentas da TRIZ não são aplicáveis, embora alguns dos seus princípios inventivos e soluções padrão possam ainda assim ser recrutados. Também esta e outras questões relativas às diferentes opiniões dos vários autores serão endereçadas como tópico de interesse ao longo deste estudo, com especial enfoque sobre as razões que estão na base de tais divergências.

Existem inúmeros exemplos práticos de aplicação da TRIZ. Um caso particular envolvendo um projeto de grande envergadura é o da empresa Kawasaki Steel Group, para a qual o recurso a

estas ferramentas obteve resultados bastante visíveis ao nível da simplificação de processos, redução de custos, melhoramentos na fiabilidade e segurança no trabalho.

## 1.2 Objetivos, Metodologia e Contributos da Dissertação

Esta dissertação tem como objetivo elaborar a proposta de um modelo que permita a análise de um sistema quanto à existência de desperdícios/contradições, através da utilização conjunta das ferramentas analíticas de TRIZ e de *Lean* – fluxograma – por intermédio necessário de um estudo comparativo entre as duas. Como tal, pretende-se que seja um contributo relevante para a simplificação, disseminação e agilização do acesso à TRIZ – no caso particular da sua utilização em simultâneo com o conceito *Lean*. Adicionalmente pretende-se concluir que, apesar de terem um fundamento diferente, existe entre estes dois conceitos de engenharia uma ligação que para além de possível, pode mesmo ser bastante vantajosa quando conjugada em situações adequadas.

Para elaboração desta dissertação foi estabelecida uma sequência de fases. Numa primeira fase realizou-se uma análise bibliográfica sobre o conceito TRIZ, descrevendo os seus principais fundamentos e ferramentas. De seguida foi feita uma análise bibliográfica sobre o *Lean*, novamente debruçada sobre os princípios e as ferramentas relevantes para este estudo. Na terceira fase foi feito um levantamento e estudo teórico de aplicações práticas de *Lean* e TRIZ, utilizados em conjuntos. Após este, foi elaborado um modelo de utilização conjunta destes dois conceitos. Na quinta fase, foi elaborada uma análise aprofundada dos resultados obtidos nas mesmas.

Nesta dissertação procura-se dar seguimento ao estudo da metodologia TRIZ, fazendo um breve estudo de todas as vertentes da TRIZ e todas as evoluções que esta metodologia tem sofrido.

O *Lean* tem despertado interesse na indústria, devido a um sucesso constante aquando da sua aplicação. A TRIZ está ainda a ganhar essa popularidade e visibilidade. Todos os estudos que envolvem a TRIZ são relevantes dado que contribuem para uma maior exposição dos possíveis resultados positivos aquando da sua aplicação prática. O presente estudo será um contributo para novas aplicações da TRIZ. O modelo de utilização conjunta das ferramentas analíticas da TRIZ e do *Lean* permitirá uma resolução de problemas sustentada, dado que consiste num conjunto de passos a seguir, até chegar ao final do modelo.

## 1.3 Estrutura da Dissertação

A dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos:

1. Introdução
2. Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ)
3. Estudos Conjuntos da TRIZ, *Lean* e Outras Metodologias
4. Proposta de Modelo TRIZ & *Lean*
5. Discussão de Resultados
6. Conclusão

No Capítulo 1, **Introdução**, é apresentado o enquadramento, objetivos e contributos da dissertação, e por fim, a metodologia de investigação e a estrutura da dissertação.

No Capítulo 2, **Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ)**, é feito um estudo sobre esta metodologia, passando pela sua origem e história, quais os seus princípios e fundamentos e passando também pela descrição de algumas ferramentas.

No Capítulo 3, **Estudos Conjuntos da TRIZ, *Lean* e Outras Metodologias**, é feita uma análise do estado atual dos estudos da aplicação conjunta de *Lean* e TRIZ, o que tem sido debatido nesta área e quais os resultados que diversos estudos estudos têm obtido.

No Capítulo 4, **Proposta de Modelo TRIZ & *Lean***, é elaborada uma proposta de um modelo de utilização conjunta das ferramentas analíticas das metodologias *Lean* e TRIZ.

No Capítulo 5, **Discussão de Resultados**, é descrita a utilidade do modelo elaborado na resolução de problemas.

No Capítulo 6, **Conclusão**, são descritas as conclusões do estudo e tecidas algumas considerações sobre o estudo.

## 2 Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ)

A teoria da Resolução Inventiva de Problemas, mais conhecida pelo seu acrónimo russo TRIZ - *Teoriya Resheniya Izobretelskikh Zadatch* - é uma metodologia especialmente apropriada para a resolução de problemas nas áreas da ciência e da engenharia, baseada no estudo dos padrões de problemas e soluções. Não se baseia na criatividade espontânea e intuitiva dos indivíduos, como o nome poderia sugerir. A TRIZ consiste numa tecnologia disruptiva que demonstra que as habilidades de ser criativo e inovador podem ser aprendidas. Esta mudança de paradigma é de considerável importância para melhoria da eficácia de indivíduos e organizações no desenvolvimento de produtos, bem como na gestão. O conhecimento da TRIZ pode ser benéfico para qualquer segmento da população. A TRIZ é um amplificador natural do talento, conhecimento e experiência. Todas as decisões serão melhores e mais efetivas quando aplicada esta metodologia. A TRIZ altera o pensamento crítico das pessoas que aprendem e o utilizam (Savransky, 2000).

Esta metodologia tem por objetivo auxiliar a procura de soluções de problemas, através da inovação sistemática, onde a simples aplicação de boas práticas tradicionais de engenharia já poderão não produzir resultados assinaláveis. A competitividade no mercado tem vindo a aumentar, fazendo com que as empresas que não inovem percam vantagem competitiva.

O processo de aplicação da TRIZ é equivalente à aplicação de uma fórmula matemática numa situação específica, como, por exemplo, uma função quadrática: generaliza-se o problema para se usar a fórmula, e então toma-se a solução generalizada para aplicá-la num problema em particular.

A TRIZ pode ser aplicada em diversificadas áreas, dado que tanto pode ser aplicada a um serviço como a um produto. Esta metodologia pode ser aplicada na gestão de risco, *design*/conceção de produtos, resolução de problemas, investigação científica, gestão de negócios, gestão estratégica, análise de causas, investigação e desenvolvimento, previsão tecnológica, planeamento educacional e, por fim, relações públicas e publicidade (Kurosawa, 2014), entre outros.

A metodologia TRIZ é orientada ao ser humano porque suas heurísticas são para uso humano, não computacional, especialmente eficazes na solução conceptual de problemas em que o

computador não consegue competir com o cérebro humano. Contém métodos estruturados para orientar a solução de problemas e considera a situação problemática, a solução e o processo de solução como sistemas.

Portanto, a essência da TRIZ consiste no reconhecimento de que um sistema evolui na direção do aumento da idealidade, através da superação das contradições, com um mínimo de introdução de novos recursos. Assim, para a resolução criativa de problemas, a TRIZ fornece uma forma dialética forma de pensar, ou seja, para ser criada uma imagem da solução ideal primeiro, para então resolver as contradições.

## 2.1 Evolução Histórica da TRIZ

O TRIZ foi desenvolvido por Genrich Altshuller a partir de 1946, e tem estado em constante evolução desde então. Altshuller, ao trabalhar na área das patentes na marinha, na casa dos 20 anos de idade, começou a formar a ideia de uma metodologia para as invenções. Ao analisar patentes na sua atividade profissional, começou a reconhecer um padrão na forma como os problemas eram resolvidos. Desta forma, partiu para a análise de um elevado número de patentes com o objetivo de extrair o seu padrão de resolução de problemas, de forma a que as pessoas pudessem estudar essas patentes para obterem uma capacidade para resolverem problemas de forma criativa. Altshuller viria a ser preso por razões políticas, mas após o fim do presídio em 1954, começou a publicar artigos e livros, começou a partilhar o seu conhecimento, continuou a sua análise e viria então a contruir a metodologia TRIZ (Savransky, 2000).

Tradicionalmente a inovação era esporádica, não tendo carácter sistemático. Para Altshuller esta situação não era aceitável – se não existia uma metodologia para as invenções, então teria de ser criada. Altshuller viria a criar uma revolução no que aos estudos do processo criativo dizia respeito após o lançamento do seu primeiro artigo de nome “*Psychology of Inventive Creativity*”, em 1956. Até então, acreditava-se de facto que as invenções eram acidentais, sendo uma obra do acaso.

Ao longo dos últimos 50 anos, a TRIZ tornou-se num conjunto de ferramentas que permitem criar/inventar e resolver problemas técnicos com diferentes níveis de complexidade. Hoje é possível identificar variadas ferramentas básicas da TRIZ, bem como outros métodos ou técnicas que se conjugam entre si para criar a inovação sistemática, como, por exemplo, o *Lean* em simultâneo com a TRIZ (Krasnoslobodtsev, 2012).



Ao longo do tempo houve a necessidade de moldar a TRIZ, quer fosse para uma aprendizagem mais simples, quer fosse para uma melhor aplicação em larga escala. O avançar dos estudos desta teoria e a sua ampla aplicação prática, fizeram surgir diferentes abordagens sobre a mesma, por parte de grupos especializados ou investigadores. Estes avanços fizeram surgir naturalmente diferentes abordagens modernas da TRIZ, competindo de certa forma entre si. No subcapítulo seguinte demonstram-se três abordagens criadas: uma abordagem por parte da Ideation International Inc., outra pela parte da Invention Machine Corp., e por fim a metodologia simplificada SIT/USIT.

Atualmente o acesso e estudo da TRIZ não tem barreiras linguísticas. Mas nem sempre assim foi. Devido ao facto desta teoria ter nascido na antiga URSS, a origem do seu inventor Genrich Altshuler, aquando do início da sua expansão além-fronteiras, anteriormente aos anos 90, poucas publicações em inglês existiam. No entanto, a década de 90 veio a revelar-se crucial neste aspeto e assistiu ao aparecimento gradual de uma bibliografia mais diversificada com a criação de artigos sobre o tema, tornando-a desta forma acessível a todas as grandes indústrias a nível mundial, e para o seu estudo a nível académico também este a nível mundial (Altshuller, 2004). Ao mesmo tempo começaram também a ser criados os primeiros *softwares* para aplicação da TRIZ, com interfaces de fácil utilização, onde se podiam consultar as bases de dados, que fazem parte de uma ferramenta desta metodologia.

A par com estes progressos, surgiu a necessidade de perceber quais as vertentes da TRIZ que fossem pertinentes para o ensino e formação de futuros engenheiros industriais, os principais operadores do desenvolvimento tecnológico. Desta forma, e de acordo com o que o presente estudo pretende também empreender, deve procurar extrair-se a essência da TRIZ e condensá-la em métodos de fácil utilização, para que possam ser aplicados de forma mais simplificada e ampla possível no seio das mais variadas indústrias.

### 2.1.1 Desenvolvimento da TRIZ Clássica

#### **Ideation International Inc.**

Este grupo especialista, proveniente da TRIZ School em Kishnev na antiga URSS, apercebeu-se de que muitas das técnicas desenvolvidas por Altshuller era tão diversificadas e complexas que alguns métodos e processos necessitavam de ser fornecidos como entrada para esses métodos de análise de problemas. Na sua abordagem alternativa, é pedido a um individuo como exercício

que desenhe um diagrama onde demonstre uma relação entre as várias causas do problema, distinguindo os efeitos nocivos dos efeitos vantajosos. Este diagrama é então submetido ao *software*, e este automaticamente lista os pontos-chave do problema para cada um dos nós no diagrama. Para cada ponto-chave o *software* sugere soluções através do uso da metodologia convencional da TRIZ (Krasnoslobodtsev, 2012).

Dado que o problema é analisado principalmente pelas causas do problema, este método é aplicável em diversos campos, de forma mais vasta do que a própria tecnologia. Assim, esta abordagem pode ser estendida a problema do foro das *soft areas*, como por exemplo, serviços ou em gestão de negócios.

### **Invention Machine Corp.**

Dr. Tsourikov, investigador na área da inteligência artificial e especialista da TRIZ, oriundo da antiga URSS, emigrou para os Estados Unidos da América e criou a Invention Machine Corp.. Este investigador implementou as bases de conhecimento da TRIZ num acessível e prático *software*. Foram também desenvolvidas pela Invention Machine Corp. técnicas que permitiam uma análise com base no *Value Engineering*, engenharia do valor, que consiste num método sistemático que permite melhorar o valor de bens, produtos ou serviços por meio de um exame das suas funções e utilidade. Desta forma, conseguiram atingir um patamar em que estas técnicas da TRIZ podem ser utilizadas na indústria. Estas ferramentas foram introduzidas em grandes empresas nos Estados Unidos da América, e também no Japão (Nakagawa, 1999).

Uma característica especialmente relevante neste *software* é a função que produz sugestões de tecnologia a ser utilizada, através de princípios tecnológicos que combina. Este *software* da Invention Machine Corp. possui este mecanismo de pesquisa automática com uma altamente sofisticada lógica de correspondência baseada no conhecimento armazenado na base de dados.

### **Metodologia Simplificada SIT/USIT**

Filkovsky levou a cabo um estudo em Israel no início dos anos 80, com o intuito da simplificação da utilização da TRIZ, estudo esse que levou à criação do método SIT. O processo de resolução de problemas era aqui bastante clarificado e as técnicas para criação de soluções foram sublimadas dos 40 Princípios Inventivos da TRIZ para 4 princípios neste SIT (Nakagawa, 2011).

Em 1995 nos Estados Unidos da América, o SIT foi estudado e sujeito a um processo de especialização levado a cabo pela Ford Motor Company, especialização essa que deu origem a uma nova metodologia denominada como USIT. A utilização desta metodologia permitiu aos engenheiros da Ford criarem múltiplas soluções de forma rápida perante problemas tecnológicos aquando das fases de desenvolvimento de protótipos na sua indústria. Os resultados revelaram-se em soluções de sucesso para os problemas reais da empresa, transversais aos vários departamentos de engenharia. O exemplo tangível de aplicação da USIT levada a cabo por esta equipa viria a ser detalhadamente acompanhado em vários artigos e publicações sobre o tema, e é tido ainda hoje como um importante caso de referência no que diz respeito à introdução da TRIZ nas indústrias (Nakagawa, 2011).

### 2.1.2 I-TRIZ

O *Ideation* TRIZ, também conhecido como I-TRIZ, surgiu nos anos 80 quando a evolução da TRIZ clássica abrandou. O I-TRIZ é um *software* que consiste numa combinação de todas as abordagens para a resolução inventiva de problemas e controlo da evolução tecnológica. Assim, a essência do I-TRIZ é a inovação e o ganho de vantagem competitiva. A base de conhecimento do I-TRIZ representa o pensamento humano de inovação e pode através deste *software* ser utilizado para responder à procura de inovação (Ideation International, 2012).

Ao analisar o tema, Kamimura (2011) refere que o I-TRIZ trouxe abertura para a TRIZ clássica, simplificando o acesso às ferramentas, que de outra forma exigiam um prolongado estudo para uma aplicação correta.

A pesquisa e desenvolvimento do I-TRIZ tem acontecido de forma contínua e ininterrupta desde a sua criação. Como resultado, a I-TRIZ não só contém robustas ferramentas da TRIZ clássica, mas contém também uma ampliada base de conhecimento, novas ferramentas para aplicar esse conhecimento e para a análise de problemas de forma mais eficaz. De seguida, apresentam-se três destas aplicações:

- **Resolução Inventiva de Problemas** (*Inventive Problem Solving*) – Método utilizado para eliminar obstáculos tecnológicos relacionados com o desenvolvimento e a utilização de produtos e processos. É aplicável a todas as áreas de engenharia, e pode também ser utilizado para resolver problemas relacionados com *design*, estudo e desenvolvimento, produção, segurança, fiabilidade, e qualidade.

- **Determinação Antecipada de Falha** (*Anticipatory Failure Determination*) – Método utilizado para analisar, prever e eliminar falhas em sistemas, produtos e processos.
- **Evolução Controlada** – (*Directed Evolution*) – Método utilizado para o desenvolvimento de um conjunto de cenários que descrevem as futuras versões de um sistema. Este método é baseado num extenso conjunto de padrões que revelam as tendências evolutivas dos sistemas tecnológicos.

Portanto, sendo este *software* composto pela combinação de várias abordagens para a resolução inventiva de problemas, a ligação entre *Lean* e TRIZ será uma das suas variantes, visto que também procura a inovação e o ganho de vantagem competitiva.

## 2.2 Introdução à Metodologia TRIZ

No início do processo de análise de um sistema enfrenta-se uma situação que envolve incoerências (contradições) que precisam de ser esclarecidas, que podem ser eliminadas modificando o sistema ou um dos seus subsistemas. De acordo com Altshuller, o inventor da TRIZ, os problemas contêm contradições. Tradicionalmente as contradições são resolvidas por via de compromisso, ao passo que a TRIZ visa eliminar tal compromisso. A TRIZ é uma metodologia sistemática, orientada para o ser humano, baseada em conhecimento (bases de dados) para a solução inventiva de problemas. Este conceito permite gerar soluções necessárias para mudanças profundas ou soluções baseadas na aplicação de descobertas científicas radicais, onde a utilização de práticas tradicionais de engenharia e gestão podem já não produzir resultados suficientes (Savransky, 2000).

A metodologia TRIZ baseia-se nos seguintes fundamentos:

- Idealidade
- Contradição
- Recursos
- Abordagem Sistemática
- Funcionalidade

Esta metodologia pode ser utilizada em diferentes níveis. A nível mais elevado, a TRIZ pode ser vista como uma ciência, uma filosofia ou um modo de estar na vida (atitude criativa e uma procura permanente de melhoria continua). A nível mais prático, a TRIZ pode ser vista como

um conjunto de instrumentos analíticos que auxiliam na detecção de contradições em sistemas, na formulação e resolução de problemas através da eliminação ou atenuação das contradições encontradas. A TRIZ baseia-se nos conhecimentos de várias ciências, como as ciências naturais, ciências exatas, ciências que estudam o comportamento humano e a sociedade, determinando e categorizando as características comuns, aspetos de sistemas técnicos e processos tecnológicos que precisam de ser melhorados ou inventados, tal como o processo da invenção em si (Altshuller et al., 2002).

A Figura 2.1 ilustra o esquema de um processo normal de criação de soluções.

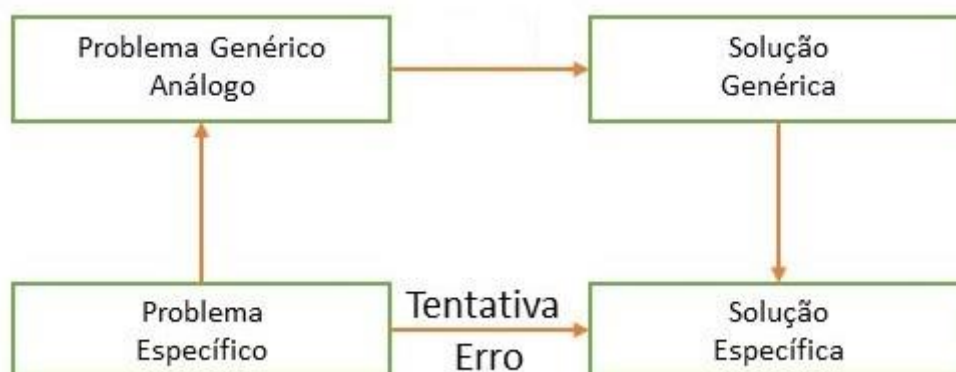


Figura 2.1 - Processo Normal de Desenvolvimento de Soluções (adaptado de Navas, 2013b)

Na Figura 2.2 pode ser observado em que ponto do processo de criação a metodologia TRIZ é aplicada.



Figura 2.2 - Posicionamento da TRIZ Num Processo de Criação de Soluções (adaptado de Molina, 2013)

## 2.3 Fundamentos da Teoria TRIZ

### 2.3.1 Níveis de Inovação

Este subcapítulo refere-se à inovação, ou mais concretamente, à invenção. Mas é antes necessário referir que, como anteriormente mencionado, Altshuller após ter analisado um elevado número de patentes, concluiu que nem todas as invenções têm o mesmo valor inventivo. Assim, propôs cinco níveis inventivos (Navas, 2014c):

Nível 1 – Soluções de rotina utilizando métodos bem conhecidos na respetiva área da especialidade - Melhoria simples de um sistema técnico - O Nível 1 não é muito inovador. Esta categoria constitui cerca de 30% da totalidade.

Nível 2 – Pequenas correções em sistemas existentes recorrendo a métodos conhecidos na indústria. Este nível constitui aproximadamente 45% da totalidade - Invenção que resolve uma contradição técnica.

Nível 3 – Melhorias importantes que resolvem contradições em sistemas típicos de um dado ramo de atividade - Invenção que resolve uma contradição física. Cerca de 20% do total das soluções enquadram-se neste nível. É onde surgem soluções criativas.

Nível 4 – Soluções baseadas na aplicação de novos princípios científicos. Os problemas são solucionados através da substituição da tecnologia original por uma nova tecnologia. Cerca de 4% do total podem ser classificadas como pertencentes a este nível - Invenção que resolve contradições e com uma melhor aproximação ao resultado final ideal.

Nível 5 – Soluções inovadoras baseadas em descobertas científicas não anteriormente exploradas. Este nível constitui menos de 1% da totalidade.

O desenvolvimento de uma nova solução pode seguir os seguintes procedimentos distintos: - uma melhoria convencional do sistema já existente, nos níveis 1 e 2; - novas formas, mas aplicando princípios existentes de operação, nos níveis 2 e 3, sendo que no 3 o produto é substancialmente alterado; - criação de uma nova geração do sistema como novos princípios de operação, no níveis 4 e 5, sendo que no nível 4 o produto é totalmente alterado e no quinto nível o sistema técnico usado é transformado por completo. As soluções criativas classificadas nos

níveis 4 e 5 (em especial no nível 5) podem ser consideradas como iniciativas de inovação radical. Os cinco níveis de inovação podem também permitir estimar o estado de desenvolvimento de um determinado sistema. Este conhecimento pode ser aplicado no exercício criativo para prever o desenvolvimento de novas direções de esse determinado sistema.

Dentro dos níveis de inovação, a TRIZ tem como objetivo auxiliar a elaboração de soluções nos níveis 3 e 4 (que corresponde a cerca de 25% da totalidade), onde a simples aplicação de boas práticas tradicionais de engenharia não produz resultados significativos.

A classificação da TRIZ em cinco níveis pode ser utilizada para a análise de iniciativas de inovação (Navas, 2013a). O mesmo problema pode ser resolvido através de soluções com diferentes níveis de inovação. A classificação de cinco níveis pode ser aplicada na avaliação e na comparação dos níveis de inovação de diferentes soluções, devendo ser tida em conta ao longo do processo de desenvolvimento de novas propostas.

Na metodologia TRIZ, se não existir uma contradição técnica, então não consiste num problema inventivo. Portanto, se se efetua uma resolução de uma contradição técnica ou física durante a resolução do problema, então trata-se de uma invenção. Oficialmente, a invenção é a criação de uma nova ideia técnica, e dos meios físicos de a levar a cabo. Para que seja patenteável, uma inovação deve ser nova, ter utilidade e diferenciar-se do que os utilizadores mais experientes estariam à espera (que não seja óbvia ou evidente). Portanto, uma invenção legalmente protegida por uma patente deverá cumprir três exigências: novidade, utilidade e não evidência.

Um exemplo ilustrativo dos cinco níveis inventivos é demonstrado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Exemplo Ilustrativo dos 5 Níveis Inventivos (adaptado de Krasnoslobodtsev, 2012)

	Nível 1 – Projeto de acoplamento	Nível 2 – Resolução de contradição técnica	Nível 3 – Resolução de contradição física	Nível 4 – Nova tecnologia	Nível 5 – Novo fenómeno
<b>Telefone</b>	Telefone fixo com duas peças	Telefone fixo de peça única	Telefone com Fax	Telefone sem fios	Telefone móvel - Telemóvel

### 2.3.2 Contradições Técnicas e Físicas

As contradições técnicas e físicas constituem um dos termos mais importantes do vocabulário da TRIZ. Um conflito/contradição num sistema ocorre quando da melhoria de certos atributos resulta a deterioração de outros, situação que ocorre com frequência por exemplo na aplicação de tecnologias. Os conflitos típicos são, por exemplo, entre a fiabilidade e a complexidade, produtividade e precisão, resistência e ductilidade. Outro exemplo no caso do projeto de um automóvel onde pode existir a contradição entre a necessidade de garantir uma boa resistência do material e ao mesmo tempo a exigência de peso reduzido. Este acontecimento é conhecido como *trade-off*, ou seja, baseada na procura de possíveis compromissos aceitáveis entre os fatores contraditórios por meio de combinações de características em conflito, sem satisfazer plenamente nenhum dos aspetos. Quando se pretende a melhor solução, procura-se matematicamente chegar ao melhor compromisso, ao que se chama de otimização.

A TRIZ, por outro lado, toma a situação anterior como uma Contradição Técnica e procura encontrar soluções inovadoras/criativas, eliminando a contradição por via da modificação de sistemas para evitar a deterioração de qualquer característica em caso de melhoria de outras características. As inconsistências são eliminadas através da modificação de todo o sistema, ou através da modificação de um ou mais subsistemas. As patentes representam históricos de tais soluções inovadoras que possibilitaram a eliminação de contradições. Assim, ao estudar estas soluções já aplicadas, permite-se o acesso a um conjunto de possibilidades e dicas para a resolução de contradições em problemas que surjam (Marques, 2014).

Na metodologia TRIZ, os problemas são divididos em problemas locais e problemas globais: o problema é considerado local quando pode ser atenuado ou eliminado através da modificação de um subsistema, mantendo os restantes inalterados; o problema é classificado como global quando apenas pode ser resolvido por via do desenvolvimento de um sistema novo baseado num princípio de funcionamento diferente. Altshuller ainda distingue três tipos de contradições: Contradição administrativa – é uma contradição entre as necessidades e as capacidades; Contradição técnica – é uma inversa dependência entre parâmetros/características de um sistema (um produto, um processo ou uma organização); Contradição física ou inerente – são requisitos físicos opostos/contraditórios de um objeto (Navas, 2014d).

A identificação e análise de contradições deve ser incluída em qualquer processo de resolução inventiva de problemas segundo a TRIZ. Quando uma contradição é identificada, torna-se mais fácil encontrar soluções criativas e eficazes para o problema. Uma contradição não resolve problemas, mas pode ajudar a descobrir caminhos para a sua resolução. Depois das contradições



identificadas, escolhe-se uma entre as duas formas de resolver problemas. A primeira abordagem da resolução de contradições baseia-se na aplicação de ferramentas analíticas do TRIZ adequadas para a resolução de contradições técnicas (por exemplo, os 40 Princípios Inventivos, a Matriz de Contradições, ou outras). A segunda abordagem baseia-se na transformação das contradições técnicas em contradições físicas, seguida da aplicação dos instrumentos analíticos da TRIZ adequados à resolução de contradições físicas (por exemplo, as bases de dados de fenómenos físicos e respetivos efeitos). Todas as contradições técnicas podem ser transformadas em correspondentes contradições físicas (Altshuller et al., 2002).

### 2.3.3 Análise de Recursos

Depois de ter sido identificado o sistema técnico e de terem sido definidas as suas contradições, devem ser avaliados os recursos que estão disponíveis para superar a contradição. O “recurso” é definido de uma forma bastante ampla, sendo tudo aquilo que pode ser utilizado para resolver um problema e melhorar o sistema sem necessidade de despesas avultadas. Para resolver a contradição, a TRIZ recomenda a utilização dos recursos existentes no sistema, pois são a base das soluções mais eficientes. A identificação desses recursos apoia o desenvolvimento de soluções possíveis e cada recurso pode ser visto como uma potencial solução para o problema. Quanto maior o número de recursos que se puderem utilizar, maior será o conjunto de soluções. A identificação dos recursos disponíveis e a sua melhor utilização são importantes na procura de soluções com melhor relação custo/eficiência. A TRIZ exige que a análise de recursos tenha em conta não só os recursos “negativos”, mas também os recursos “positivos” do sistema. As melhorias devem continuar até que se consiga uma plena utilização dos recursos. Os recursos podem ser agrupados de acordo com o seguinte (Navas, 2014a):

- Recursos Naturais Ou Ambientais
- Recursos do Sistema
- Recursos Funcionais
- Recursos de Substâncias
- Recursos Energéticos e de Campo
- Recursos de Tempo
- Recursos de Espaço
- Recursos de Informação

Altshuller também agrupou os recursos nas seguintes categorias:

- Baseados na Acessibilidade:
  - ❖ Internos (limitados aos elementos principais do Sistema);
  - ❖ Externos (Incluindo os recursos do meio ambiente em geral e os específicos para um dado sistema);
  - ❖ Recursos do Supersistema
  - ❖ Recursos de Baixo Custo Acessíveis (Incluindo desperdícios).
  
- Baseados na Prontidão para a Utilização:
  - ❖ Recursos Prontamente Disponíveis;
  - ❖ Derivados (Recursos modificados facilmente disponíveis).

A chave da sustentabilidade é a produtividade dos recursos. A análise de recursos da TRIZ pode ser útil em iniciativas de inovação relacionadas com o uso mais eficiente e responsável dos recursos, incluindo o uso de energia. Os ganhos de eficiência na utilização dos recursos geralmente resultam de melhorias de processos. Assim, as iniciativas esporádicas de inovação devem evoluir para as atividades planejadas e programadas de forma contínua; a inovação deve tornar-se sistemática.

A melhoria incremental tradicional de tecnologias existentes já não é suficiente. Todas as atividades econômicas precisam de aumentar radicalmente a eficiência da utilização dos recursos. A aplicação das ferramentas analíticas e das técnicas da TRIZ pode ser especialmente útil para a inovação radical, tanto na criação de soluções inovadoras e revolucionárias, como também na análise de recursos e na sua previsão.

Os recursos podem ser utilizados para resolver os problemas de acordo com a Figura 2.3.

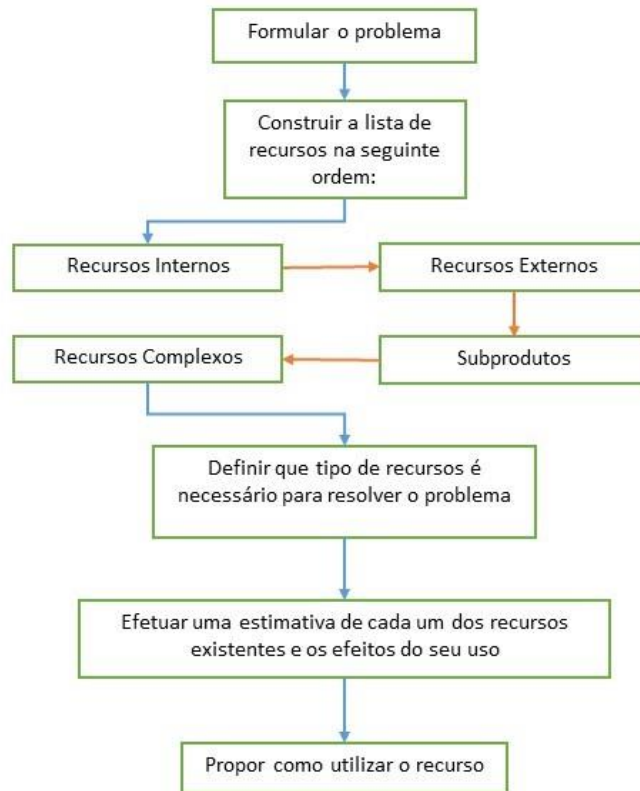


Figura 2.3 - Fluxograma da Análise de Recursos (adaptado de Navas, 2014a)

### 2.3.4 Idealidade de um Sistema

O conceito de “Idealidade” é um dos princípios fundamentos da Teoria da Resolução Inventiva de Problemas. A idealidade é o objetivo que move as organizações a melhorarem todos os sistemas técnicos e organizacionais, tornando-os mais rápidos, melhores e com custos inferiores. À medida que se aumenta o número de funções benéficas e/ou se reduzem as funções nocivas, os sistemas aproximam-se cada vez mais da idealidade (Altshuller, 2007). O nível de criatividade de um sistema técnico ou organizacional pode ser quantificado através do grau de idealidade (Eq. 1). Assim, a idealidade pode ser descrita pela seguinte expressão:

$$Idealidade = \frac{\sum \text{Funções Benéficas}}{\sum (\text{Funções Nocivas} + \text{Custos})} \quad (1)$$

As funções benéficas incluem as seguintes:

- Funções úteis principais – o propósito para o qual o sistema foi projetado;
- Funções secundárias – outras realizações úteis;
- Funções auxiliares – funções que apoiam as principais funções úteis, tais como funções corretivas, funções de controlo, funções de alojamento, funções de transporte, etc.

As funções nocivas incluem todos os fatores prejudiciais associados ao sistema (por exemplo, área ocupada, emissão de ruídos, gastos de energia, recursos necessários para a manutenção do sistema, etc.). Os custos também são considerados uma função nociva.

Existem várias formas de aumentar a idealidade de um sistema técnico ou organizacional:

- Aumento do número de funções benéficas;
- Eliminação/redução do número de funções prejudiciais;
- Redução de custos

Existem vários conceitos derivados do mesmo conceito de idealidade, tais como: “Resultado Final Ideal”, “Meta Final Ideal”, “Solução Ideal”, “Processo Ideal”, etc. Uma solução é considerada como um Resultado Final Ideal (RFI) se for verificada a obtenção de uma nova característica benéfica ou a eliminação de uma prejudicial, que não pode ser acompanhada pela degradação de outras características ou pelo aparecimento de novas características prejudiciais.

De acordo com a TRIZ, o “Sistema Ideal” é um sistema que não existe fisicamente (pois não consome recursos e não tem custos) mas que executa as suas funções na perfeição. É praticamente impossível conceber um sistema ideal. O sistema ideal é um conceito teórico, ou filosófico, que serve de incentivo e de um guia para a resolução de problemas, podendo ser útil também na avaliação e na comparação de soluções possíveis entre si e/ou com um ideal proposto. Para aproximar um sistema real do sistema ideal têm que se resolver contradições, utilizando menos recursos, minimizando e simplificando todo o sistema, sem acrescentar mais funções nocivas. É uma abordagem eficaz que ajuda a obter uma melhor funcionalidade com um sistema mais simples.

A idealidade pode ser utilizada para melhorar os sistemas existentes mas pode também ser utilizada para a criação de novas tecnologias ou novos sistemas com o objetivo de cumprir funções específicas. A Lei da Idealidade afirma que durante a evolução de qualquer sistema (técnico ou organizacional), este tende a reduzir custos, reduzir desperdícios de energia, e a reduzir o espaço e as dimensões. Assim torna-se mais eficiente, mais confiável, mais simples e com maior capacidade de atender às necessidades dos utilizadores, ou seja, aumenta o grau de

idealidade do sistema. O conceito do aumento crescente do grau de idealidade é crucial para a previsão da evolução de sistemas (Santos et al., 2009).

### 2.3.5 Aplicação de Bases de Dados de Causa e Efeito na Resolução de Problemas

Como referido anteriormente, uma vez formulada a contradição física, pode-se formular qual o resultado final ideal que se pretende atingir. Para resolver as contradições físicas é necessário recorrer aos princípios da separação e a bases de dados de causa e efeitos, ou seja, bases de dados de conhecimentos científicos (Krasnoslobodstev, 2015b).

As soluções técnicas e organizacionais são baseadas na combinação de efeitos (físicos, químicos, geométricos e outros). Porém, nem sempre é fácil prever efeitos que as soluções adotadas terão na prática. Esta necessidade de previsão de efeitos poderá ser satisfeita através da utilização das bases de dados de causas e efeitos. As bases de dados de causas e efeitos constituem uma ferramenta da TRIZ.

A TRIZ inclui algumas bases de dados de efeitos científicos estruturadas de acordo com as respetivas funções, e não pelos ramos de indústrias ou ciências. Esta ferramenta da TRIZ contém a experiência e o conhecimento acumulados sobre a forma de resolver diversos problemas. De acordo com a TRIZ, os efeitos científicos são uma das técnicas que podem ser aplicadas na resolução de contradições, através da transformação de ações ou campos em outros com a aplicação de fenómenos biológicos, geométricos, físicos, químicos ou outros. Atualmente existem mais de 8000 efeitos e fenómenos diferentes conhecidos (Navas, 2014d). Existem tabelas e descrições de fenómenos científicos que podem auxiliar o processo de previsão dos efeitos de uma ação ou função que deve ser realizada de acordo com o problema identificado. Além disso, foram desenvolvidas algumas aplicações informáticas com bases de dados de fenómenos científicos e tecnológicos. Alguns *softwares* possibilitam o acesso a mais de 4500 efeitos científicos e tecnológicos, teoremas, leis e fenómenos. Estes programas permitem uma seleção mais eficaz de soluções, com base em funcionalidades requeridas. É um recurso que tem sido desenvolvido para encontrar soluções para uma grande variedade de problemas. O utilizador seleciona a função que deseja executar ou o parâmetro que deseja alterar e a base de dados fornece uma lista de efeitos que a ação pode provocar.

A utilização de efeitos e fenómenos científicos ajuda a desenvolver soluções ao mais alto nível de inovação, visto que a contradição formulada no problema é resolvida a nível físico. Os efeitos científicos podem ser utilizados na resolução de problemas fora do campo onde o problema original foi encontrado. A consulta das bases de dados de efeitos não só pode ajudar a dissipar o receio da aplicação de novas técnicas e soluções, assim como ajudar a mitigar o risco, dado que se conseguem prever os efeitos negativos. Evita também a repetição de soluções erradas, filtrando soluções inapropriadas ou potencialmente perigosas e oferecendo um número elevado de ideias e sugestões para possíveis soluções (Navas, 2011). A resolução de problemas complexos também pode ser facilitada através da combinação de vários efeitos.

### **Bases de Dados *Online***

Dois exemplos de base de dados de causas e efeitos são as bases de dados *online* da Product Inspiration (Production Inspiration, 2015) e da Effects Database (Oxford Creativity, 2015).

A base de dados Product Inspiration é de origem Australiana, e é parte integrante do *website* Aulive (Aulive, 2015), que disponibiliza uma seleção de ferramentas *online* de forma a inspirar o utilizador para maximizar o seu potencial criativo através da exploração de domínios de conhecimento específico, tendo em mente a inovação. A utilização da base de dados começa com a seleção da função que se pretende executar, por exemplo absorver, decompor, destruir, rodar, separar, etc, e escolhe-se qual o estado físico em que se pretende trabalhar (sólido, líquido, gasoso ou plasma). Como exemplo, selecionando a função “separação” e escolhendo o estado físico “líquido”, a base de dados “devolve” 16 efeitos e dispõe também exemplos práticos do mesmo resultado. Um dos resultados obtidos é por exemplo “Materiais”. É dada uma definição do que é um material e é dado o exemplo do derrame de óleo no mar. Quando este ocorre, são utilizadas barreiras de contenção para separar estes dois. Outro resultado obtido com os parâmetros selecionados (Separação; estado líquido) é o Centrifugador. É usada força centrífuga (força de inércia que tende a afastar-se do centro) para separar partículas de densidades diferentes, como por exemplo separar as natas do leite, ou retirar a humidade de um pano de tecido numa máquina de lavar.

As Figuras 2.4 e 2.5 demonstram a utilização do *website* Product Inspiration, com o exemplo de seleção da função limpeza. Escolhe-se a opção pretendida, neste caso a limpeza, e escolhe-se qual o estado, neste caso o estado sólido.




Select a function you wish to perform ▼	Select a state you wish to operate on ▼	Search
Select a function you wish to perform Absorb Accumulate Assembles Bends Breaks Down Changes Phase of Melts <b>Cleans</b> Condenses Cools Corrodes Decomposes Deposits Destroys Detects Dries Embeds Erodes Evaporates Extracts	Select a state you wish to operate on <b>Solid</b> Liquid Gas Field	

Figura 2.4 - Base de Dados Online *Production Inspiration* – Interface 1 (Product Inspiration, 2015)

A base de dados vai devolver, neste caso, 26 soluções possíveis. Na figura 2.5 estão demonstrados dois desses exemplos, que são apresentados com a solução pormenorizada.


**26 EFFECTS FOUND**



**Desorption**

Desorption is the separation of the adsorbent(or desorb) from a sorbent(substrate) in the form of gas or liquid. This process is used for separation or extraction.

Example: Thermal desorption is used for purifying or cleaning contaminated soil. The organic contaminants in the soil are removed by heating, which results in a dry solid with minimal organic residue.



**Combustion**

Combustion is a chemical oxidative process during which a fuel combines (reacts) with oxygen resulting in heat and exhaust (byproduct) which could be in the form of gas or solid.

To carry out combustion three things are required: fuel, oxygen and heat.

Example: Campfire - A heat source is initially required to start the campfire. Once the wood (fuel) is ignited, it is sustained by the heat that is given out (heat of combustion). After the campfire dies

Figura 2.5 - Base de Dados Online *Production Inspiration* – Interface 2 (Product Inspiration, 2015)

Effects Database é a segunda base de dados referida, e tem uma forma de funcionamento semelhante. Consiste numa ferramenta da TRIZ para apoiar a resolução de problemas, respondendo a questões tais como: “Como mover um líquido”, “Como aumentar a temperatura” e “Como medir a temperatura”. Esta base de dados contém 936 soluções possíveis e 19693 diferentes formas de aplicar estas soluções. À semelhança de outras ferramentas da TRIZ, esta base de dados sugere soluções com base num vasto leque de aplicações possíveis de cada efeito. Desta forma é necessário escolher quais as soluções que entram no âmbito de uma aplicação em particular. Como exemplo, ao selecionar-se a função “Mover” e “Estado Líquido”, obtêm-se 192 soluções. Uma delas é a ebulição, e é dada uma definição e exemplos práticos, como se pode verificar na figura 2.6.

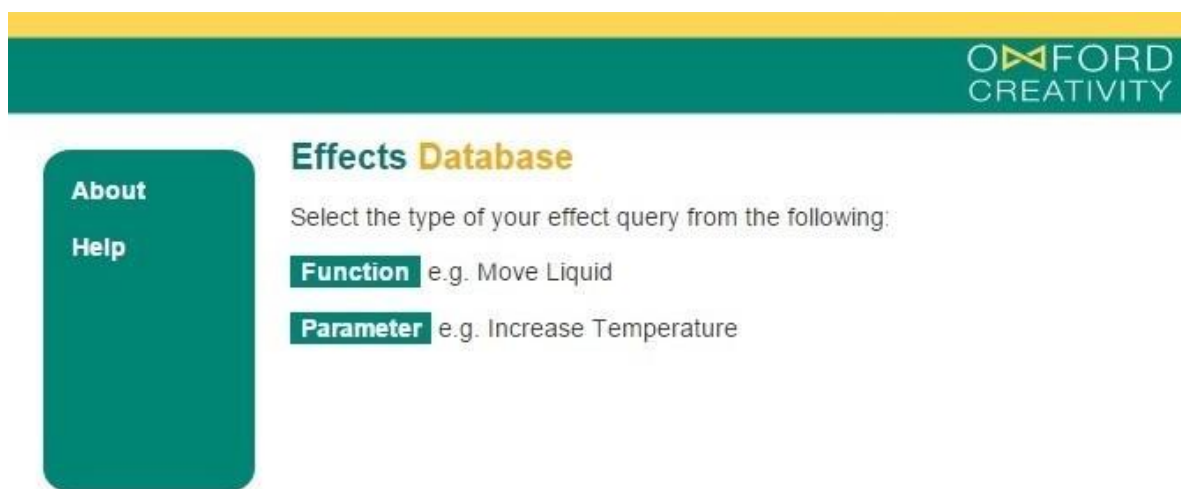


Figura 2.6 - Soluções Através da Base de Dados *Effects Database* (Oxford Creativity, 2015)

### 2.3.6 Princípios Inventivos e Matriz de Contradições

Os Princípios Inventivos constituem uma ferramenta da Teoria da Resolução Inventiva de Problemas. Genrich Altshuller identificou 39 Parâmetros Técnicos. Um conflito de um sistema, ou uma contradição, ocorre quando da melhoria de certos atributos resulta a deterioração de outros. Altshuller constatou que, apesar da grande diversidade tecnológica, existiam apenas 1250 conflitos típicos num sistema. Todos estes podiam ser resolvidos através da aplicação de somente de um número limitado de princípios. São então definidos os 40 Princípios Inventivos, muitas vezes chamados de Técnicas para Vencer Conflitos. Contudo, a maior parte dos princípios de invenção têm um significado técnico específico introduzido por Altshuller (Marques, 2014). De seguida são descritos alguns exemplos.



Princípio 1 – Segmentação:

- A – Dividir o objeto em partes independentes
- B – Seccionar o objeto (para facilitar a montagem e desmontagem)
- C – Aumentar o grau de segmentação do objeto

Princípio 2 – Extração (Extração, Recuperação, Remoção):

- A – Extrair do objeto a parte ou a propriedade que “perturba”
- B – Extrair do objeto apenas a parte ou a propriedade necessária

Princípio 3 – Qualidade Local:

- A – Providenciar a transição de uma estrutura homogênea de um objeto ou ambiente externo (ação) para uma estrutura heterogênea
- B – Fazer com que os diferentes componentes do objeto executem funções diferentes
- C – Colocar cada parte do objeto em condições mais favoráveis para o seu funcionamento

A Tabela 2.2 apresenta os 39 Parâmetros Técnicos ou de engenharia segundo a TRIZ.

Tabela 2.2 - 39 Parâmetros Técnicos ou de Engenharia Segundo a TRIZ (adaptado de Navas, 2013b)

1.	Peso (objeto móvel)	21.	Potência
2.	Peso (objeto imóvel)	22.	Perda de energia
3.	Comprimento (objeto móvel)	23.	Perda de massa
4.	Comprimento objeto imóvel)	24.	Perda de informação
5.	Área (objeto móvel)	25.	Perda de tempo
6.	Área (objeto imóvel)	26.	Quantidade de matéria
7.	Volume (objeto móvel)	27.	Fiabilidade
8.	Volume (objeto imóvel)	28.	Precisão de medição
9.	Velocidade	29.	Precisão de fabrico
10.	Força	30.	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto
11.	Tensão, Pressão	31.	Efeitos colaterais prejudiciais
12.	Forma	32.	Manufaturabilidade
13.	Estabilidade do objeto	33.	Conveniência de uso
14.	Resistência	34.	Manutenção
15.	Durabilidade (objeto móvel)	35.	Adaptabilidade
16.	Durabilidade (objeto imóvel)	36.	Complexidade do dispositivo
17.	Temperatura	37.	Complexidade no controlo
18.	Clareza	38.	Nível de automação
19.	Energia dispensada (objeto móvel)	39.	Produtividade
20.	Energia dispensada (objeto imóvel)		

Para solucionar as contradições entre os parâmetros técnicos apresentados na tabela 2.2, utilizam-se os 40 princípios de invenção apresentados na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - 40 Princípios Inventivos da TRIZ

1.	1. Segmentação	21.	21. Corrida apressada
2.	2. Extração	22.	22. Conversão de prejuízo em proveito
3.	3. Qualidade local	23.	23. Reação
4.	4. Assimetria	24.	24. Mediação
5.	5. Combinação	25.	25. Auto-serviço
6.	6. Universalidade	26.	26. Cópia
7.	7. Nidificação	27.	27. Objeto económico com vida curta em vez de outro dispendioso e durável
8.	8. Contrapeso	28.	28. Substituição do sistema mecânico
9.	9. Contra-acção prévia	29.	29. Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
10.	10. Ação prévia	30.	30. Membranas flexíveis ou películas finas
11.	11. Amortecimento prévio	31.	31. Utilização de materiais porosos
12.	12. Equipotencialidade	32.	32. Mudança de cor
13.	13. Inversão	33.	33. Homogeneidade
14.	14. Esfericidade	34.	34. Rejeição e recuperação de componentes
15.	15. Dinamismo	35.	35. Transformação do estado físico ou químico
16.	16. Ação parcial ou excessiva	36.	36. Mudança de fase
17.	17. Transição para uma nova dimensão	37.	37. Expansão térmica
18.	18. Vibrações mecânicas	38.	38. Utilização de oxidantes fortes
19.	19. Ação periódica	39.	39. Ambiente inerte
20.	20. Continuidade de uma ação útil	40.	40. Materiais compósitos

As definições dos 39 Parâmetros Técnicos e dos 40 Princípios Inventivos encontram-se no Anexo B.

### 2.3.7 Resolução de Problemas através dos Princípios Inventivos e da Matriz de Contradições

A resolução de um problema pode dividir-se em três passos, descritos de seguida (Altshuller et al., 2002). Os três passos são utilizados na resolução de um problema inventivo que contém uma contradição.

**1º Passo – Análise do Sistema** – Neste passo determinam-se as características do sistema (estado físico, performance, etc.) que precisam de ser melhoradas. Existem três fases. De início, todos os elementos do sistema são determinados. De seguida, é identificada a origem do

problema. Por último, é formulada qual a característica/parâmetro técnico que necessita de ser melhorado (dentro dos 39 parâmetros segundo a TRIZ). Para o problema ser entendido, é necessário analisar o sistema. Desta forma é possível determinar quais os elementos que o compõem, e quais os subsistemas existentes. Um exemplo de um sistema que contém subsistemas é o automóvel. O automóvel é o sistema, e dentro deste estão os subsistemas motor de propulsão, travagem, aquecimento do habitáculo, direção e o sistema elétrico, por exemplo. Uma vez identificados todos os elementos é possível visualizar todo o funcionamento do sistema. É mais eficiente remover a origem do problema, do que remover os seus efeitos.

Por fim, existem duas opções para modificar uma característica de um sistema:

1 – Melhorar uma característica que já é positiva. Exemplo: Aumentar a velocidade de um barco (este é o sistema) de 10 nós para 30 nós.

2 – Eliminar (ou neutralizar) a característica negativa. Um sistema pode desempenhar uma função útil, e simultaneamente uma função prejudicial. O objetivo é eliminar ou neutralizar esta característica negativa. Exemplo: Eliminar o ruído do motor resultante do aumento da velocidade do barco.

**2º Passo – Identificação da Contradição** – Qual a característica que piora, quando se melhora uma característica pretendida, criando desta forma a contradição. Como mencionado anteriormente, uma contradição resulta de um conflito dentro de um sistema. Se o melhoramento de um parâmetro do sistema causa a detioração de outro parâmetro, existe claramente uma contradição.

**3º Passo – Resolução da Contradição** – Após ser identificada a contradição, a Matriz das Contradições torna-se útil. Esta ferramenta é constituída por 39 parâmetros técnicos ou de engenharia e 40 princípios inventivos, onde podem ser todos utilizados ou excluir os que não tenham interesse para a aplicação do caso em análise.

### 2.3.8 Análise Substância-Campo

A Análise Substância – Campo (ASC), do inglês *SuField Analysis*, é uma ferramenta analítica da TRIZ útil na identificação de problemas num sistema técnico e na procura de soluções inovadoras para os problemas identificados. Permite modelar um sistema através de uma abordagem gráfica simples, identificar problemas e oferecer soluções padronizadas para a melhoria do sistema em estudo (Navas, 2014b). A ASC sustenta que um sistema, criado para desempenhar uma dada função, pode ser representado por um triângulo cujos vértices representam “substâncias” (objetos, componentes, etc.) e “campos” (ações ou interações). Uma “substância” pode ser um objeto, como por exemplo uma ferramenta. Um “campo” é a interação entre objetos que faz com que uma “substância” atue sobre outra. De forma geral, um sistema a funcionar adequadamente pode ser representado por um triângulo completo “Substância-Campo”.

Para definir um sistema técnico através da Análise Substância – Campo, são necessárias duas substâncias e um campo, ilustrado na figura 2.7.

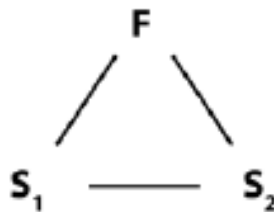


Figura 2.7 - Diagrama Elementar do Modelo de Substância-Campo (Sistema Completo)  
(Navas, 2014b)









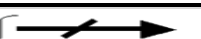
Um sistema complexo é representado por vários triângulos “Substância - Campo”. As “substâncias” S1 e S2, que participam numa interação, podem ser de seguinte natureza (Navas, 2014b): material, ferramenta, componente, pessoa ou ambiente.

De forma geral, o “Campo” F que atua sobre as “Substâncias” pode ser: mecânico, térmico, químico, elétrico ou magnético.

Uma substância age sobre outra, criando benefícios ou danos. A função é modelada em forma de triângulos, na qual, os problemas são representados através de diferentes tipos de linhas ou linhas inexistentes, representando exatamente o que é correto e o que é incorreto, conforme descrito na tabela 2.4 onde é ilustrada a notação para a construção dos modelos Substância –

Campo. Esta notação visa representar as relações existentes entre as substâncias em análise e que mudará consoante o desenvolvimento do sistema.

Tabela 2.4 - Notação Utilizada nos Modelos de Substância-Campo (Marques, 2014)

Símbolos	Significado
	Conexão (normal)
	Ação ou efeito desejado
	Inatividade
	Ação ou efeito desejado insuficiente
	Ação ou efeito prejudicial
	Quebra de conexão
	Operador de solução
	Interação
	Várias ações

Uma vez concluída a construção do diagrama, ou seja, identificado o problema, a solução padrão pode ser encontrada e aplicada para corrigir problemas, alterando, retirando ou adicionando substâncias ou campos. Os modelos *SuField* levam os utilizadores à realização de uma análise detalhada das funções (Navas, 2013a).

A TRIZ recomenda que a aplicação da Análise “Substância – Campo” seja efetuada seguindo as seguintes etapas (Altshuller et al., 2002):

1. Identificação dos elementos disponíveis (recolha de informação)
2. Construção do Modelo “Substância – Campo” e identificação da Situação Problemática
3. Escolha de uma solução genérica (Solução – Padrão)
4. Desenvolvimento de uma solução específica para o problema

A representação “Substância – Campo” ajuda a centrar o estudo nos elementos mais importantes do sistema e a identificar o problema como pertencente a um determinado grupo. Um sistema

completo está representado na figura 2.7. Se o triângulo “Substância – Campo” não for completo, existe um problema. Podem ocorrer as seguintes situações problemáticas genéricas:

- Situação 1: O efeito desejado não ocorre
- Situação 2: Ocorre um efeito prejudicial
- Situação 3: Efeito desejado insuficiente (ineficiente)

#### 1. O efeito desejado não ocorre (Modelo SC Incompleto)

Um modelo SC (Substância - Campo) incompleto representa a situação em que faltam elementos do triângulo:

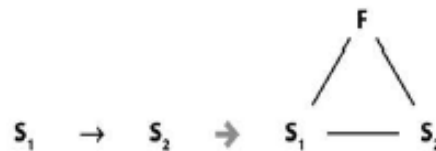


Figura 2.8 - Resolução de um Sistema Incompleto (Navas, 2014b)

Para a resolução da Situação Problemática 1, a TRIZ recomenda a seguinte solução genérica: Solução – Padrão 1: Adicionar elemento em falta (“Campo” C) ou elementos (“Campo” C e a ferramenta “Substância” S2):

#### 2. Ocorre um efeito prejudicial (Modelo SC Prejudicial).

Um Modelo SC prejudicial representa a situação em que todos os três elementos se encontram nos respectivos lugares, mas a interação entre as “Substâncias” S1 e S2 é prejudicial ou indesejada. Consequentemente, o “Campo” C também é prejudicial.

Solução: Inserir uma “Substância” (S3), que deverá ser uma versão modificada de S1, de S2 ou de ambas. A “Substância” S3 bloqueia o efeito prejudicial, como demonstrado na figura 2.9.

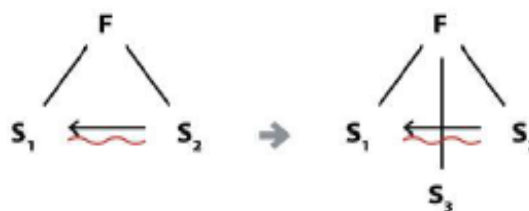


Figura 2.9 - Resolução de um Sistema Completo com Efeito Prejudicial (Navas, 2014b)

- Efeito desejado insuficiente (ineficiente)

É necessário melhorar o sistema, modificando as substâncias e o campo ou utilizar uma nova substância para criar o efeito desejado.



Figura 2.10 - Resolução de um Sistema Completo Insuficiente (Navas, 2014b)

A ASC possui 76 soluções-padrão que consistem em soluções genéricas que podem ser utilizadas como modelos para solucionar problemas, e estão divididas em 5 classes, como apresentado na tabela 2.5.

Tabela 2.5- Classes das Soluções-Padrão (Marques, 2014)

Classe	Descrição	Soluções-Padrão
1	Construção ou destruição de Substância-Campo	13
2	Desenvolvimento de uma Substância-Campo	23
3	Transição de um sistema base para um supersistema ou para um subsistema	6
4	Medir ou detetar qualquer coisa dentro de um sistema técnico	17
5	Introdução de substâncias ou campos dentro de um sistema técnico	17
Total		76

A descrição de cada uma das 76 soluções-padrão encontram-se no Anexo B.

As 76 soluções-padrão podem ser condensadas e generalizadas em 7 soluções gerais:

- Solução Geral 1 – Completar um modelo Substância-Campo que se encontre incompleto



Figura 2.11 - Solução Geral 1

- Solução Geral 2 – Modificar a substância S2 de modo a eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo.

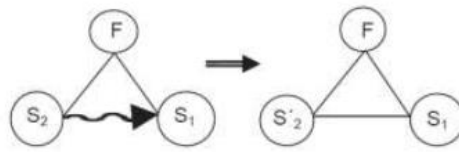


Figura 2.12 - Solução Geral 2

- Solução Geral 3 – Modificar a substância S1 de modo a eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo.

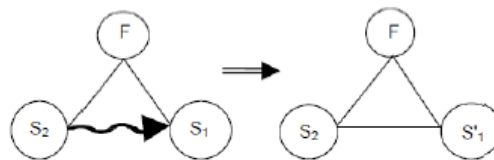


Figura 2.13 - Solução Geral 3

- Solução Geral 4 – Modificar o campo F de modo a eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo

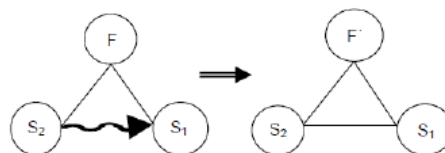


Figura 2.14 - Solução Geral 4

- Solução Geral 5 – Eliminar, neutralizar ou isolar o impacto negativo utilizando outro campo F que interaja com o sistema.

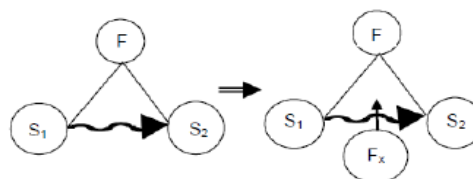


Figura 2.15 - Solução Geral 5



- Solução Geral 6 – Introduzir um novo campo positivo.

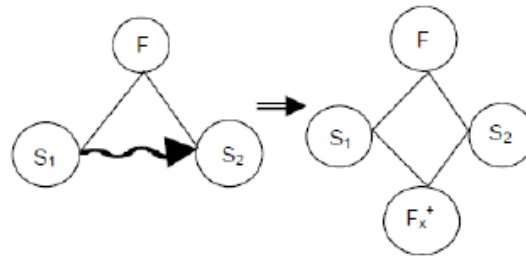


Figura 2.16 - Solução Geral 6

- Solução Geral 7 – Expandir um modelo Substância-Campo existente para um novo sistema em cadeia.

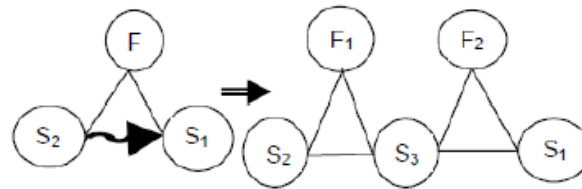


Figura 2.17 - Solução Geral 7

Esta generalização das 76 soluções-padrão em 7 soluções gerais facilita a realização da análise substância-campo. A análise deve partir do sistema incompleto identificando as substâncias do problema, e depois então selecionar a solução geral e a função mais adequada a aplicar para atenuar ou até eliminar o problema, podendo deste modo gerar soluções criativas e inovadoras.

### 2.3.9 ARIZ

O Algoritmo da Resolução Inventiva de Problemas (ARIZ) é uma ferramenta analítica da TRIZ. O ARIZ coloca grande ênfase na reformulação dos problemas com o objetivo de revelar a origem dos mesmos. O principal objetivo deste algoritmo consiste em transformar de forma lógica uma situação inicial de um problema em conceitos de solução para o mesmo. Consiste num processo lógico estruturado, que faz evoluir, de forma incremental, um problema complexo para um ponto em que se torna simples de resolver. Altshuller dizia que o ARIZ era especialmente apropriado para resolver problemas fora do habitual, sendo uma ferramenta que visa auxiliar o pensamento, não para substituir o pensamento (Santos et al., 2009).

Inicialmente, a sequência de resolução de problemas foi chamada por Altshuller de “Esquema do processo criativo”, ou “método científico de trabalho criativo”, utilizando posteriormente a denominação “metodologia de criatividade”. Durante várias décadas de existência, a base analítica da TRIZ foi sucessivamente sendo complementada com novas técnicas e novos efeitos. De facto, este algoritmo passou por várias melhorias desde 1956 (Krasnoslobodtsev, 2012), existindo mais de 10 versões conhecidas. A última modificação é denominada de ARIZ-85C. Esta modificação contém operadores de análise e resolução de problemas técnicos complexos que não poderiam ser resolvidos com a aplicação individual de qualquer outra das ferramentas TRIZ: Princípios Inventivos, Padrões de Evolução e Análise Substância – Campo.

### **Passos Mais Importantes do Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas (ARIZ)**

A aplicação do ARIZ inicia-se no próprio enunciado do problema. De seguida formulam-se as contradições técnicas e procuram-se na tabela de contradições quais os conceitos a utilizar; se a tabela de contradições não produzir soluções satisfatórias, então o enunciado é reformulado com o objetivo de facilitar a revelação das contradições físicas. Assim, o processo fica centrado na resolução do conflito entre os resultados benéficos e prejudiciais, com ênfase na identificação de recursos que podem ser utilizados (Navas, 2013b).

O passo seguinte é a formulação do problema em termos do Resultado Final Ideal (RFI). Uma solução é considerada como um RFI se a obtenção de uma nova característica benéfica ou a eliminação de uma prejudicial não for acompanhada pela degradação de outras características ou pelo aparecimento de novas características prejudiciais.

O RFI é, em seguida, transformado em contradição física mais pormenorizada. A eliminação da contradição física baseia-se num dos três princípios:

1. Separação temporal das propriedades antagónicas;
2. Separação espacial das propriedades antagónicas;
3. Separação das propriedades antagónicas por redistribuição das mesmas no interior do sistema.

Se o processo ARIZ não resolver o problema, este deve ser reformulado e o processo será repetido. O conjunto de passos para a aplicação da ferramenta ARIZ estão ilustrados na Figura 2.18.



Figura 2.18 – Fluxograma do Conjunto de Passos para Resolver um Problema Através do ARIZ (adaptado de Navas, 2015a)

### 2.3.10 Padrões de Evolução

Durante o estudo das patentes, Altshuller observou que os sistemas e processos técnicos apresentavam semelhanças no seu desenvolvimento. Assim, identificou estas semelhanças, classificando-as em 8 categorias a que chamou de Padrões de Evolução. Os Padrões de evolução podem ser utilizados para resolver problemas complexos, prever a evolução dos sistemas e criar ou melhorar as ferramentas usadas para resolver problemas inventivos. De seguida, os 8 Padrões de Evolução (Altshuller et al., 2002):

1. **Ciclo de vida** – Refere-se à evolução de um sistema técnico ao longo do tempo
2. **Dinamização** – Refere-se à transformação de um sistema técnico rígido em flexível
3. **Ciclo de Multiplicação** – Refere-se à adição de elementos num sistema técnico
4. **Transição de nível macro para micro** – Refere-se à transformação de tamanho de um sistema técnico de maior para menor. Exemplo: Com a evolução no tempo, os dispositivos de armazenamento de memória têm cada vez maior capacidade de armazenamento mas com tamanhos cada vez mais reduzidos;
5. **Sincronização** – Refere-se à sincronização de vários sistemas técnicos ou de parâmetros;

6. **Aumento ou diminuição da escala** – Refere-se ao aumento ou diminuição de escala de objetos ou fenómenos
7. **Desenvolvimento de elementos**
8. **Diminuição da intervenção humana (Automatização)** – Refere-se ao desenvolvimento de sistemas técnicos capazes de atuarem por si, libertando as pessoas para efetuarem trabalho intelectual.

### 2.3.11 Inércia Mental

Durante o processo criativo, na procura de novas soluções, a inércia mental pode exercer uma influência negativa. O processo criativo depende da capacidade do utilizador. Dois indivíduos com diferentes conhecimentos poderão ter diferentes ideias sobre as medidas necessárias para resolver o mesmo problema, ou seja, um problema inventivo de uma pessoa pode ser um simples problema de rotina para outra pessoa. A inércia mental pode levar a pessoa a afastar-se da solução do problema, impedir o reconhecimento do mesmo, criar barreiras durante o processo de resolução, dificultar o processo de decisão, e tornar complexas outras fases do processo de resolução. A quantidade de tempo necessário para resolver um problema deverá refletir a complexidade e o esforço necessário para determinar quais as causas do problema e quais as etapas do processo de resolução.

Para problemas complexos, o utilizador dificilmente conhece todas as variantes existentes e não consegue executar todas as etapas de teste possíveis. Assim, a inércia mental, também chamada de barreira psicológica, afeta significativamente o tempo necessário para a resolução de um problema (Santos et al., 2009).

Com o objetivo de vencer a inércia mental, a TRIZ propõe diferentes métodos que se podem aplicar. Estes métodos permitem que seja ampliado o ponto de vista sobre um problema e sobre quais os caminhos para o solucionar. Com a ajuda destes métodos, é possível considerar um problema através de pontos de vista diversificado e inesperado. Neste seguimento, a técnica de “Pensamento de Janelas Múltiplas” permite representar um dado sistema através de uma tabela com pelo menos 9 “janelas”. As janelas representam o sistema em si, o supersistema e o subsistema, cada um deles, no passado, presente e futuro, respetivamente. Esta abordagem permite eliminar problemas, podendo conduzir ao desenvolvimento de soluções mais inovadoras.

A Tabela 2.6 representa o conjunto das janelas que definem esta técnica.

Tabela 2.6 - Técnica de "Pensamento de Janelas Múltiplas" (adaptado de Krasnoslobodtsev, 2015a).

	<b>Passado</b>	<b>Presente</b>	<b>Futuro / Previsão</b>
Supersistema			
Sistema			
Subsistema			

Desta forma, começa-se pela análise do sistema no passado e no presente, passando posteriormente para a construção do sistema futuro. O preenchimento da coluna “Futuro/Previsão” da tabela é a parte mais difícil da aplicação desta técnica, visto que deve conter a previsão da evolução do sistema em análise e uma proposta do sistema futuro. Poderá ser mais fácil iniciar pelas melhorias do futuro subsistema, ou seja, começar pelas partes mais pequenas do sistema, mais fáceis de modificar, com alterações mínimas e com gastos mínimos. Assim, a técnica de “Pensamento de Janelas Múltiplas” pode ajudar no desenvolvimento de novas propostas para o futuro de sistemas através de regras específicas de aplicação e do algoritmo do pensamento.

Uma outra técnica para vencer a inércia mental é a “Dimensão – Tempo – Custo”. Esta técnica requer a análise mental dos efeitos do aumento ou da diminuição das dimensões dos parâmetros do sistema em análise, encurtando ou ampliando o tempo das operações e aumentando ou diminuindo os custos das modificações do sistema. Pode ser construída uma tabela com três colunas (dimensão, tempo e custo) e duas linhas (aumento e diminuição), como se pode ver na Tabela 2.7. O desenvolvimento de novas soluções é feito pela combinação consecutiva destes parâmetros (Navas, 2015b).

Tabela 2.7 - Técnica "Dimensão - Tempo - Custo" (adaptado de Navas, 2015b).

	<b>Dimensões</b>	<b>Tempo</b>	<b>Custo</b>
Aumento			
Diminuição			

A técnica “Dimensão – Tempo – Custo” ajuda a vencer a inércia mental e a explorar novas ideias. Esta técnica baseia-se em novas direções de pensamento mais disruptivas, obrigando os utilizadores a abandonarem as imposições lógicas existentes e a ultrapassarem as restrições mentais (Navas, 2015b).

## 2.3.12 Técnicas e Ferramentas Analíticas Principais da Metodologia

### TRIZ

Na Tabela 2.8 estão listadas algumas ferramentas da TRIZ. Cada ferramenta é desenvolvida para uma função principal mas pode ser utilizado para uma grande variedade de fins (adaptado de Saliminamin et al., 2012).

Tabela 2.8 - Ferramentas da Metodologia TRIZ

#	Ferramentas TRIZ	Função da Ferramenta
1	Análise do Valor das Características	Definição detalhada do problema e procura da lacuna entre a situação atual e a situação desejável
2	Análise Funcional e Atributos	Compreender as relações entre os elementos de um problema de um sistema e os seus efeitos entre si, para diagnosticar quais as contradições
3	Resultado Final Ideal (RFI)	Definição e criação da solução desejada, de forma a poder-se selecionar o destino da resolução de problemas
4	Análise Multi Janelas – 9 Windows	Análise de um problema e dos seus elementos através de diferentes pontos de vista. Ultrapassar a inércia mental tanto para a deteção de recursos, como tomando o ponto de vista do mercado, dos clientes e dos concorrentes
5	Contradições Técnicas e 40 Técnicas para Vencer Problemas	Identificação da contradição técnica e guia para resolver as contradições existentes no sistema
6	Contradições Físicas e Princípios de Separação	Identificação da contradição física e guia para resolver as contradições existentes no sistema
7	Leis da Evolução	Compreender as potenciais melhorias e qual o futuro do sistema que está envolvido no problema para avaliar a contradição com base nestas leis
8	Análise das Curvas da Vida Útil - S-Curve Analysis	Análise de qual o sistema a que pertence o problema e guia para a escolha da estratégia adequada para o desenvolvimento do sistema através da melhor solução para o problema
9	Análise Substância Campo e as 76 Soluções Padrão	Análise e classificação do problema com vista a obter a solução modelo mais próxima dentro das soluções possíveis para resolver as contradições
10	Análise de Prevenção de Falhas – Subversion Analysis	Prevenir falhas no sistema e propor soluções que conduzam a uma maior segurança e fiabilidade
11	Análise de Raiz de Contradições – Root Contradiction Analysis	Isolar as contradições-chave em sistemas de problemas com efeitos externos negativos que exijam resolução imediata antes de poderem surgir novos desenvolvimentos
12	Análise Causa-Efeito – Cause-Effect Analysis	Análise da sequência de razões de um problema num sistema para selecionar a solução mais eficaz
13	Transferência de Características – Feature Transfer	Modifica as características do problema para alterar a situação e identificar possíveis soluções, de forma a idealizar novos sistemas
14	Os Efeitos do Conhecimento – Knowledge-Effects	Categorizar os conhecimentos e efeitos que podem ser utilizados como recurso (substância e campo) para resolver contradições
15	Método das “Pequenas Pessoas Espertas” - Smart Little People	Ultrapassar a inércia mental e gerar novas ideias que resolvam problemas com contradições físicas e assim aplicar o conhecimento ao nível micro
16	Análise dos Recursos	Categorizar todos os tipos e origens de recursos (tempo, espaço, conhecimento) para ultrapassar contradições
17	Ferramentas para o Combate da Inércia Mental	Ultrapassar a inércia mental na definição de problemas e/ou geração de soluções
18	Padrões de Evolução	Criar um panorama geral do sistema de problemas baseado em todas as experiências de outros sistemas para orientar o sistema na sua resolução
19	Axioma do Aumento do Nível de Idealidade - Trimming	Aumentar o nível de idealidade possível com os sistemas de nova geração

Na Tabela 2.9 é feita uma relação entre as ferramentas da TRIZ e a sua função em ajudar a mudar o pensamento para que a resolução de problemas se torne mais acessível.

Tabela 2.9 - Ligação Entre a TRIZ e o Pensamento Inventivo (adaptado de Filmore, 2008).

<b>Características Chave/Abordagens</b>	<b>Ferramenta TRIZ/Abordagem</b>
Visão global e não em partes	RFI - Resultado Final Ideal Análise Funcional e Atributos
Valorizar a diferença	Ser um criativo utilizador da TRIZ pode trazer ao utilizador uma mentalidade que procura a diferença
Não se conformar com o atual	Um utilizador da TRIZ, por definição, aspira a procurar e aprender novas e melhores ferramentas. RFI – Resultado Final Ideal
Estar ciente da suposição pessoal	Análise Multi Janelas – 9 <i>Windows</i> , Leis da Evolução, Análise dos Recursos
Utilizar todos os recursos disponíveis	Análise dos Recursos
Pensar “fora da caixa”	Leis da Evolução, Análise Multi Janelas – 9 <i>Windows</i> , Análise Funcional e Atributos, Método das “Pequenas Pessoas Espertas” - <i>Smart Little People</i>
Desenvolvimento de soluções vantajosas para todas as partes (“ <i>win-win</i> ” <i>solutions</i> )	Matriz de Contradições, Análise Multi Janelas – 9 <i>Windows</i> , Leis da Evolução
Análise do risco/assumir o risco	Os utilizadores da TRIZ procuram soluções inovadoras e pouco usuais, associando algum risco a esta prática





### 3 Filosofia *Lean* e Outras Metodologias

A TRIZ não compete com outras metodologias nem pretende substituí-las, mas pode ser utilizada para evidenciar os seus pontos fracos, podendo sinergicamente complementar outras metodologias, nomeadamente o *Lean*, ligação essa que o presente estudo analisa em particular. Ao analisar o tema, Radeka (2007) identifica um paralelismo entre a TRIZ e o *Lean*. O primeiro passo na resolução de um problema através da TRIZ consiste em analisar o problema procurando encontrar formas de o enquadrar por forma a criar uma solução ideal. Através da TRIZ procura-se que o problema tenha um resultado final ideal, isto é, uma solução que evita os desperdícios e danos desnecessários. Como exemplo, na indústria automóvel, o resultado final ideal é o automóvel pronto para o cliente, sem este ter de pensar na qualidade, mão-de-obra, matéria-prima ou cadeia de abastecimento envolvidos. Este é um resultado que entra no âmbito da prática do *Lean*, nomeadamente o quinto princípio do pensamento *Lean*, a perfeição.

O *Lean* é popular dentro de muitas empresas, e é talvez a principal ferramenta de inovação para a maioria. A gestão de topo tem recorrido ao *Lean*, e muitos engenheiros têm procurado formação específica nesta área. Mas começa a haver a noção de que a TRIZ pode complementar os pontos fracos do *Lean*. Ao passo que o *Lean* é eficiente em encontrar problemas que necessitam de solução, a TRIZ é bastante eficaz para superar as contradições. O *Lean* é eficiente para determinar o fator principal do problema, mas nem sempre poderá dar resposta à questão “Como resolver o problema?”.

No *Lean* podem haver soluções de melhoria em que é necessário recorrer ao compromisso. A TRIZ evita que se tenha de fazer este compromisso, por exemplo através da matriz das contradições. Porém, a metodologia TRIZ é ainda pouco frequentemente trazida para o contexto do *Lean*, o que, segundo Thurnes (2013), é pouco compreensível, dado que a TRIZ foca-se na melhoria dos sistemas, independentemente de estes sistemas serem produtos ou processos.

Num artigo que estuda a utilização de ferramentas TRIZ no âmbito do *eco-design*, é feita particular referência à parte analítica, que consideram não ser completa e efetivamente abrangida pela TRIZ, pelo menos na sua versão clássica. É referido que esta insuficiência pode ser colmatada com a integração da TRIZ com outros métodos, como por exemplo o *Lean*. (Russo et al., 2011). Ao abordar este assunto Ikoenko et al. (2004), muito à semelhança do que anteriormente foi escrito, refere que o lado mais forte da TRIZ reside na parte conceptual do *design*, por exemplo no âmbito do *eco-design*, ao passo que a parte analítica não é

completamente abrangida. Refere ainda que, inúmeros métodos da engenharia oferecem uma excelente abordagem analítica, mas que são insuficientes na parte conceptual. É desta forma que acaba por referir que a confluência destes métodos analíticos com a TRIZ resulta no aparecimento de metodologias baseadas na TRIZ, como a ITD, TRIZ *Plus* ou I-TRIZ (Navas, 2014e).

Mas nem todos os autores concordam com os dois parágrafos anteriores. Existem visões diferentes sobre o TRIZ, havendo autores que consideram que a TRIZ abrange efetivamente a completude da parte analítica, sendo suficiente e podendo ser utilizada sem a confluência com outros métodos analíticos (Altshuller, 2007).

As Técnicas de Análise de Causas descritas no subcapítulo 3.2, são muitas vezes utilizadas como parte integrante do *Lean*, mas podem ser vistas como metodologias autónomas. Há algumas ferramentas que são aplicadas autonomamente, sem nunca ser feita referência ao *Lean*, como por exemplo o 5S ou o TPM em que há cursos de formação exclusiva. Ainda assim, algumas destas técnicas serão descritas dentro do subcapítulo dos Fundamentos do *Lean*, e outras dentro do subcapítulo Técnicas de Análise de Causas, embora algumas das ferramentas do *Lean* pudessem também estar presentes neste subcapítulo.

### 3.1 Metodologia *Lean*

O paradigma *Lean* teve a sua origem na empresa Toyota, nos finais da Segunda Guerra Mundial. A produção *Lean* evoluiu para um paradigma de pensamento, o pensamento *Lean*, cujo objetivo se centra na procura contínua da eliminação de todos os desperdícios, ambicionando a melhoria contínua de uma organização. Assim, atualmente, o conceito *Lean* é aplicável em todos os elos de uma cadeia de abastecimento e também noutras áreas, como por exemplo nos serviços. Uma parte substancial da gestão *Lean* passa por implementar uma resolução sistemática de problemas nas atividades diárias de uma organização. O pensamento *Lean* é uma forma evoluída de gestão de uma empresa com o intuito de aumentar a produtividade, eficiência e qualidade. O ponto-chave do *Lean* é que nenhuma atividade deverá ser realizada a não ser que crie valor para o cliente. Todo o sistema produtivo, quer se trate de uma produção ou de fornecer um serviço, é suscetível de produzir desperdício e não afetar valor ao cliente (Domingues, 2013).

O *Lean* assenta em 5 princípios (Womack et al, 1996):

- 1) **Valor** – Especificação, de forma precisa, do valor de um determinado produto que o cliente realmente deseja, isto é, devem ser identificadas as características e funcionalidades dos produtos que satisfazem as necessidades e expectativas dos clientes – requisitos de qualidade, quantidade, tempo e serviço.
- 2) **Cadeia de Valor** – Identificação e análise do fluxo de valor para cada produto. A sequência de atividades e processos envolvidos na cadeia de valor deve ser analisada e definida. Consequentemente, deve-se identificar as atividades que não acrescentam valor ao produto.
- 3) **Fluxo** – Estabelecimento de um fluxo contínuo de valor. Após estar identificada a cadeia de valor e os seus desperdícios, a organização deve criar um fluxo contínuo, o qual é caracterizado pela capacidade de produzir somente que é necessário para o momento.
- 4) **Pull** – Deixar que o cliente “puxe” o produto, através da implementação do sistema *Pull*. Este sistema de produção procura deixar o cliente liderar os processos, ou seja, permite produzir somente quando é efetuado o pedido pelo cliente. Assim, esta é a única forma de produzir apenas o necessário e quando necessário, pois apenas é produzido o que o cliente realmente deseja.
- 5) **Perfeição** – Procura pela perfeição. Após a aplicação e sustentação dos princípios referidos anteriormente, a organização deve procurar constantemente a inovação e a melhoria contínua, e consequentemente, a perfeição nos processos de eliminação dos desperdícios e na criação de valor. Desta forma só as atividades que acrescentam valor devem estar presentes nos processos.

Tendo em conta os princípios referidos, o principal objetivo do paradigma da gestão *Lean* é o aumento da criação de valor através da redução do desperdício, ou sejam criar mais valor com menos recursos. Uma organização *Lean* compreende o que constitui valor para o cliente, sendo que, a partir dessa definição, foca-se nos processos chave para aumentá-lo. O objetivo final será a criação de um processo perfeito de criação de valor para o cliente, procurando continuamente a melhoria do mesmo (Domingues, 2013).

### 3.1.1 Pilares do *Lean*

A ideia que está subjacente ao TPS passa pela manutenção de um fluxo contínuo de produtos em linha, que facilmente se possa adaptar a alterações da procura. Deste modo, este sistema de produção assenta fundamentalmente em 2 pilares, representados pelo *Just-in-Time* (JIT) e pelo *Jidoka*, como pode ser observado na figura 3.1, tendo ainda como base as pessoas, a estabilidade e propósito dos processos, estando sustentada por esta estrutura uma melhor qualidade, um custo reduzido e um menor tempo de entrega.

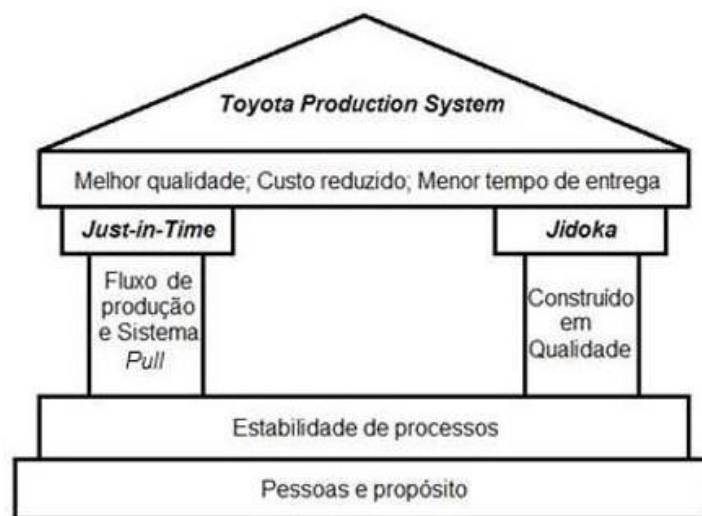


Figura 3.1 - Pilares do *Toyota Production System* (Liker, 2004)

### 3.1.2 Ferramentas do *Lean*

O pensamento *Lean*, mais do que as suas diretrizes de mudança de paradigmas e mentalidade, fornece uma grande panóplia de ferramentas, algumas delas listadas na Tabela 3.1, seguidas de uma breve definição da mesma.

Tabela 3.1 - Ferramentas da Metodologia *Lean* (Moreira, 2015)

➤ Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)	Identifica e analisa as atividades subdividindo-as em: atividade que acrescentam valor, que não acrescentam mas são necessárias e as que são desnecessárias. Esta identificação inicia com o MFV do estado atual do processo. Após a análise do processo e da realização de melhorias, efetua-se o MFV do estado futuro
➤ Metodologia 5S	Tem origem japonesa e os seus princípios são: Seiri - que significa a organização; Seiton - a arrumação; Seiso - a limpeza; Seiketsu - a normalização; Shitsuke - a autodisciplina
➤ <i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED)	É empregado na indústria para reduzir o tempo do processo de <i>setup</i> (preparação de máquinas, equipamentos e linhas de produção). Isto é conseguido através da otimização do processo de reconfiguração das ferramentas e dispositivos de fixação de materiais
➤ <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	Hierarquia de métricas desenvolvidas por Seeichi Nakajima em 1960 com a finalidade de avaliar a eficiência de uma operação de produção
➤ <i>Kanban</i>	Sistema de agendamento para a produção Lean e para a produção Just-in-Time (JIT). O Kanban é um sistema de controlo da cadeia logística de um ponto de vista da produção, e é também um sistema de gestão de <i>stock</i>
➤ Técnica dos 5 Porquês - 5 <i>Why's</i>	Perguntar cinco vezes "porquê?" perante um problema que surja e é usual para conseguir a sua resolução
➤ Manutenção Produtiva Total - <i>Total Productive Maintenance</i>	Sistema de gestão que pretende a eliminação de todas as perdas ou desperdícios tanto nos sectores produtivo como administrativo da organização
➤ Gestão da Qualidade Total- <i>Total Quality Management</i>	Melhoria contínua da capacidade de fornecer produtos e serviços de qualidade aos clientes
➤ <i>Poka-Yoké</i>	Ao longo do processo produtivo podem ocorrer erros que originem defeitos. Pretende-se criar métodos, ferramentas ou equipamentos que auxiliem na prevenção desses erros
➤ Produção Nivelada - <i>Heijunka</i>	Eliminar os "gargalos" que frequentemente ocorrem. O que se adota é não produzir todo o material para apenas uma encomenda mas sim intercalar diversas, conseguindo satisfazer diversos clientes. Consegue-se deste modo tornar a produção mais estável
➤ Padronização de Tarefas - <i>Standard Work</i>	Identificação da melhor forma de efetuar determinada tarefa ou processo. Para se conseguir uniformizar o trabalho, devem-se elaborar instruções de trabalho considerando as melhores formas de o executar

### 3.1.3 Tipos de Desperdício Segundo o *Lean*

O desperdício está inerente a qualquer atividade que consome recursos, adicionando custos e não gerando valor ao produto ou serviço. Seguindo esta definição, são identificados sete tipos de desperdícios (Muda) (Womack et al, 1996): Sobreprodução, Excesso de Inventário, Transporte Desnecessário, Tempo de Espera, Sobreprocessamento, Movimentos Desnecessários e Defeitos. Na figura 3.2 encontram-se de forma resumida os efeitos de cada um dos 7 tipos de desperdício.

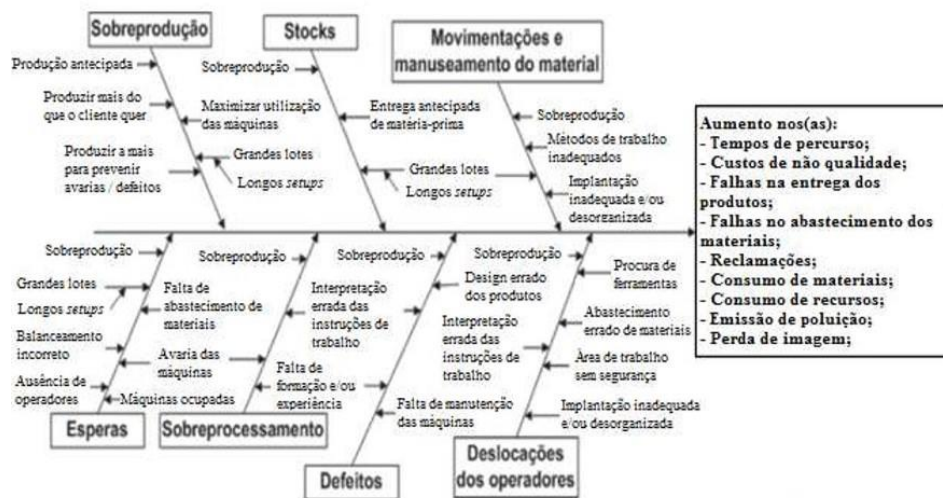






Figura 3.2 - Diagrama de Ishikawa Representativo dos Sete Tipos de Desperdício e seus Efeitos (Alves, 2012)

## 3.2 *Poke-Yoke* e os 40 Princípios Inventivos

Este subcapítulo apresenta os efeitos sinérgicos da combinação do *Poke-Yoke* com os 40 Princípios Inventivos. O *Poke-Yoke* é um termo de origem japonesa com o significado de “à prova de erros”, que consiste num mecanismo do *Lean* que ajuda, por exemplo na produção, a que não hajam erros de operação com os equipamentos. O objetivo é eliminar defeitos nos produtos finais ao prevenir, corrigir ou chamando a atenção para erros humanos assim que eles ocorrem (Hohnjec, 2012).

É recomendada a elaboração de um *brainstorm* para o segundo passo, dado que nesta fase é possível aplicar-se com sucesso os Princípios Inventivos. Estes princípios podem ser encontrados dentro de variadas soluções existentes no *Poke-Yoke*, como exemplificado na tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Exemplo de Soluções Através do *Poke-Yoke* e dos Princípios Inventivos (adaptado de Hohnjec, 2012)

Problema	Solução do <i>Poke-Yoke</i>	Princípio Inventivo (TRIZ)
<p>Peça eletrónica pode ser montada numa placa de várias formas, independentemente da sua polaridade</p> 		Assimetria
<p>Objetos semelhantes são difíceis de distinguir</p> 		Mudança de cor
<p>Um trabalhador numa linha de montagem deve recolher 8 partes iguais de uma caixa e montá-las em cada produto. Neste caso existe o risco das peças requeridas serem utilizadas inapropriadamente</p>	<p>Todas as partes de cada produto são preparadas previamente à montagem. O trabalhador passa a usar todas as peças na sequência pretendida para que todas as peças sejam utilizadas de forma correta. Os erros serão assim facilmente detetados.</p>	Segmentação
<p>Muitos processos são controlados automaticamente a 100%, mas acontece muito frequentemente o responsável do projeto não obter a informação sobre os problemas do processo a tempo, ou suficientemente rápido</p>	<p>No final da linha de montagem é usado um controlo de 100% do produto. Os parâmetros medidos são guardados, e no caso de inconformidade surge uma luz vermelha no processo, e o responsável recebe também uma mensagem SMS</p>	<i>Feedback</i>
<p>Os fogões possuem os botões de cada bico posicionados em linha. Por vezes é difícil descobrir de forma rápida qual o botão certo para o bico que se pretende</p>	<p>Posicionar os botões na mesma sequência e no mesmo esquema que se encontram dispostos os bicos do fogão. Desta forma a escolha do botão pretendido é mais rápida e sem erros</p>	Ação prévia

Assim, as soluções do *Poke-Yoke* frequentemente coincidem com os Princípios Inventivos. É recomendada a sua utilização no segundo passo da implementação desta técnica.

O *Poke-Yoke* surgiu do reconhecimento de que nenhum humano ou nenhum sistema é capaz de prevenir por completo os defeitos. Os defeitos com origem em causas humanas estão na própria



natureza humana, mesmo com o esforço de elimina-los por completo. As soluções do *Poke-Yoke* são utilizadas para prevenir defeitos indeliberados. Este método pode ser utilizado como:

- Ações preventivas na fase de projeto de produtos e processos;
- Ações de melhoria dos produtos e processos existentes;
- Ações corretivas sobre os produtos e processos existentes.

A implementação do *Poke-Yoke* divide-se em quatro passos:

- Avaliação do defeito/falha que se pretende resolver – Por exemplo um componente eletrónico pode ser montado numa placa eletrónica de diferentes formas, independentemente da sua polaridade;
- Criação da solução *Poke-Yoke*;
- Implementação da solução *Poke-Yoke*;
- Documentação da resolução escolhida para o problema;

### 3.3 Técnicas de Análise de Causas

#### 3.3.1 Identificação de Causas pelo Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa é um instrumento gráfico utilizado para identificar, organizar e apresentar de modo estruturado as causas de problemas em processos. É também frequentemente designado por diagrama de causa-efeito ou diagrama de espinha de peixe. O seu autor foi Kaoru Ishikawa (1915-1989) um dos nomes de topo do movimento para a qualidade total no Japão, que o começou a aplicar este diagrama na década de 1960 (Renato, 2010). Na Figura 3.3 é apresentado um exemplo do diagrama de Ishikawa.

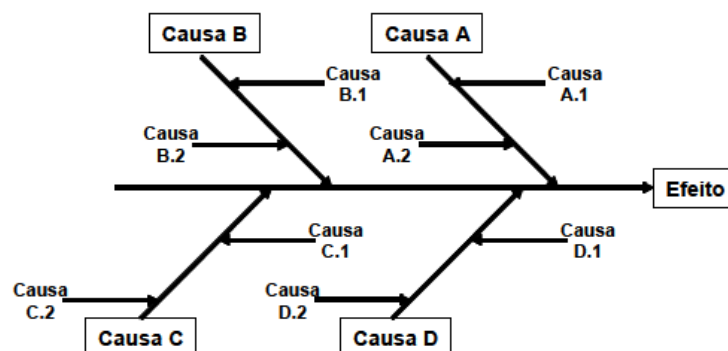


Figura 3.3 - Diagrama de Ishikawa Genérico (Renato, 2010)



Quando os problemas são de natureza industrial, é vulgar designar as causas principais por Materiais – Máquinas – Métodos – Homens, a que se junta por vezes a parte monetária, o que leva a que o conjunto seja designado em inglês pelos 5M's: *Materials – Machines – Methods – Manpower – Money*, como se encontra ilustrado na Figura 3.4.

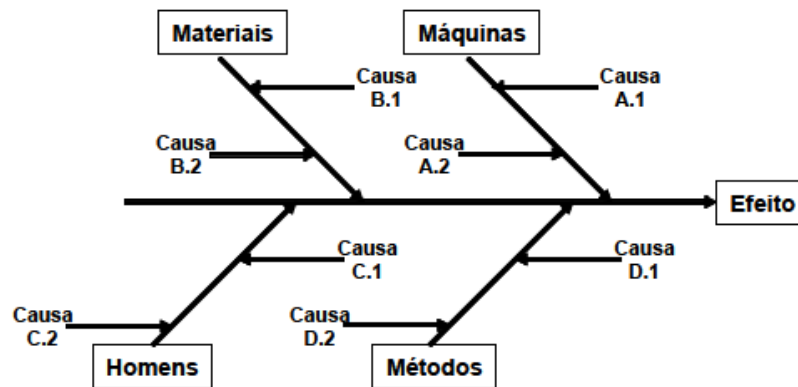


Figura 3.4 - Diagrama de Ishikawa com os 5M's (Renato, 2010)

Nas aplicações a serviços, é comum recorrer às instalações e equipamentos – Políticas – Procedimentos – Pessoas, que em inglês é designado pelos 4P's: *Plant – Policies – Procedures – People*.

Na construção do diagrama pode ser utilizado por exemplo um *brainstorming* para a identificação das causas. O diagrama de Ishikawa permite fazer uma exploração sistemática dos diversos aspetos do problema pelo grupo, produzindo um conjunto significativo de informação que:

- Auxilia a determinar a origem, ou causa última, do problema;
- É apresentado de forma fácil de compreender e de assimilar;
- Aumenta o conhecimento sobre o processo levando cada um dos participantes na sua elaboração a aprender mais sobre os fatores em presença e como é que eles interagem entre si;
- Identifica as áreas em que é necessário recolher dados para aprofundar o estudo.

### 3.3.2 Árvore de Falhas

A Árvore de Falhas consiste numa técnica que fornece uma descrição sistemática das combinações de possíveis ocorrências num sistema que podem trazer um resultado indesejável.

Este método permite relacionar as falhas do sistema e as falhas humanas. Na figura 3.5 é dado um exemplo de aplicação.

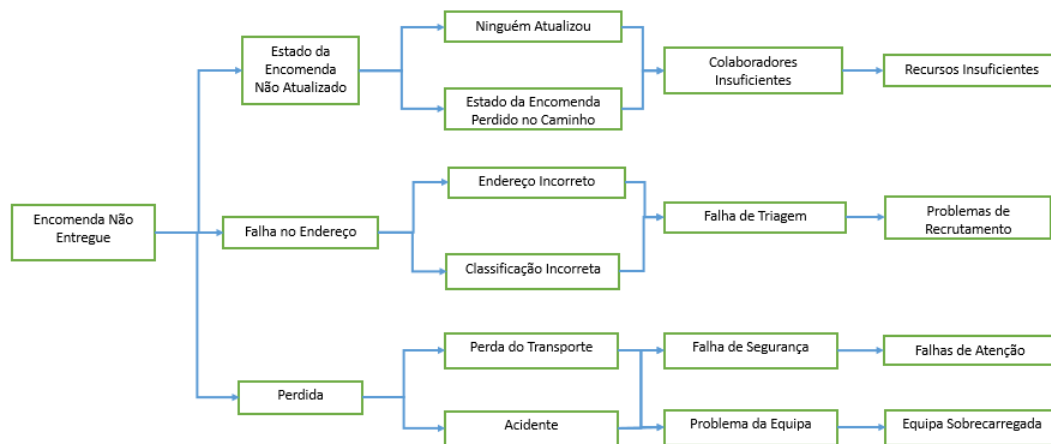


Figura 3.5 - Exemplo Prático da Árvore de Falhas (adaptado de Vorley, 2008)

A Árvore de Falhas pode ser apresentada da esquerda para a direita, como na figura 3.5, ou de cima para baixo. Existem *softwares* especializados para a análise das Árvore de Falhas, mas tanto o *Microsoft PowerPoint* como o *Visio* podem ser utilizados para criar estes diagramas (Vorley, 2008).

### 3.3.3 Relatório de Avarias Penalizantes

O Relatório de Avarias Penalizantes (RAP) consiste no planeamento de um suporte robusto com ações de base para um equipamento em falha, de modo a eliminar as causas da avaria e, sempre que possível, as perdas de tempo ao nível do diagnóstico, aprovisionamento de sobressalentes, entre outros.

Esta técnica visa erradicar a causa primária da falha e procurar soluções eficientes para evitar a repetição da avaria. Os objetivos assentam essencialmente em 4 eixos (GIAGI, 2007):

- 1) Sintetizar o desenrolar da intervenção;
- 2) Identificar as lacunas vividas no desenrolar da intervenção e encontrar soluções corretivas;
- 3) Procurar a causa primária da falha e implementar um plano de ações com vista a erradicar por completo o disfuncionamento;
- 4) Capitalizar.

O RAP consiste num documento que é usado como suporte de trabalho e de síntese. Formaliza a análise de um grupo de trabalho, e é utilizado em todas as paragens graves numa produção. Serve como base de trabalho para definir planos de ações corretivas. Este documento divide-se em duas fases: a Fase da Intervenção e a Fase de Análise.

Na Fase da Intervenção é identificado o equipamento, quais as horas a que esteve avariado, entre outros parâmetros, nas informações gerais da avaria. De seguida são identificados os sintomas e dados das avarias, antecedentes, quem detetou, manutenção e, por fim, é feito um resumo da avaria.

Na Fase de Análise é feita uma documentação dos tempos de reparação e identificados os possíveis ganhos de tempo dentro do ponto “Análise dos tempos”. De seguida é elaborado o Plano de Ações da Organização, onde são procuradas ações que visam diminuir o mais possível as perdas de tempo mais penalizantes. Posto isto, vem a fase da procura da causa primária, plano de ações de fiabilização, capitalização e, por fim, a validação.



## 4 Proposta de Modelo TRIZ & *Lean*

Neste capítulo são analisadas as relações e paralelismos entre o *Lean* e a TRIZ, resultado do estudo efetuado sobre o tema. A TRIZ não consiste apenas num conceito, sendo também uma metodologia e uma filosofia, a par com o *Lean*. Neste capítulo será também estudado que dentro do âmbito da TRIZ podem também encontrar-se soluções para os sete tipos de desperdícios (Muda) identificados pelo *Lean*.

No presente capítulo é apresentado o modelo proposto que recorre simultaneamente a ferramentas do *Lean* e a ferramentas da TRIZ. O tema deste modelo tem ganho importância em recentes conferências da especialidade. Tem sido debatida qual a melhor forma de utilizar a TRIZ com o conjunto de ferramentas do *Lean*, discutido como combinar o *Lean* e a TRIZ ou como integrar uma na outra. O objetivo deste modelo consiste em criar uma solução para problemas detetados através da análise de um sistema, num processo passo-a-passo. Aquando da chegada ao fim da aplicação do modelo, a solução do problema estará identificada e pronta a ser implementada.

Neste modelo são aplicadas em paralelo ferramentas do *Lean* e da TRIZ que, ao complementarem-se entre si, permitem uma análise mais eficaz. Mas em determinado ponto do modelo, aquando da resolução de problemas complexos, é-se conduzido para uma resolução exclusivamente através da TRIZ, dado que este último tem um maior potencial criativo e maior capacidade para a resolução de problemas comparativamente com o *Lean*.

### 4.1 Modos de Abordagem das Metodologias

A TRIZ pode ser definida em vários níveis, não apenas como uma metodologia. Pode ser definida como sendo uma filosofia, uma ciência, um estudo de excelência ou como um conjunto de métodos para a formulação e resolução de problemas.

O *Lean* e o 6 Sigma, à semelhança da TRIZ, são ferramentas analíticas e simultaneamente podem ser definidas como um conceito, dado que podem também representar uma maneira de estar, relacionado com a linha orientadora de uma organização, ou uma forma de pensar, daí ser também relacionado com filosofia.

Na figura 4.1 são demonstradas algumas atitudes possíveis das empresas/organizações, que resultam numa atitude *Lean*, 6 Sigma ou TRIZ.

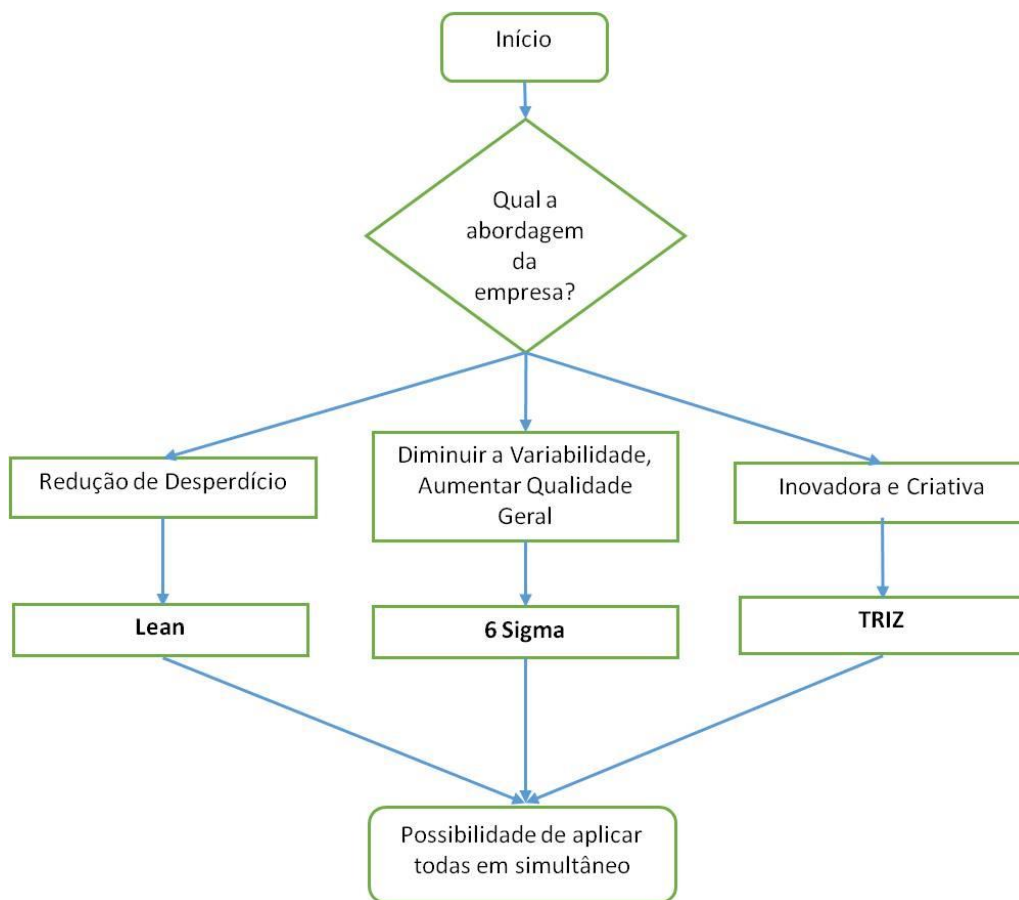


Figura 4.1 – Algumas Abordagens de uma Empresa

## 4.2 Paralelismos entre *Lean* e TRIZ

### Paralelismo entre Desperdício/Contradição

Os aspetos que segundo a abordagem do *Lean* são identificados como desperdícios, representam simultaneamente para a TRIZ uma contradição. Com este paralelismo criado, as ferramentas da TRIZ podem ser aplicadas para complementar as ferramentas do *Lean* na identificação de desperdícios, e para fundamentar as mesmas.

Todas as ferramentas da TRIZ podem ser utilizadas neste processo, dado que o seu objetivo consiste na identificação e resolução de contradições – desperdícios na linguagem *Lean*.

### Sete Tipos de Muda Resolvidos pela TRIZ

O *Lean* identifica sete tipos específicos de desperdícios, os chamados Muda. Os Muda é um conceito essencial do TPS, e a eliminação do desperdício e aumento da eficiência passam pela identificação destes desperdícios. Estes sete tipos de desperdício são os seguintes:

- Superprodução
- Excesso de Inventário
- Sobreprocessamento
- Movimentos Desnecessários
- Defeitos
- Tempo de Espera
- Transporte Desnecessário

A TRIZ identifica cada problema, consoante o nível inventivo em que se enquadra a solução necessária. Assim, todos os sete tipos de mudas correspondem ao nível inventivo 2 e 3 da TRIZ. O nível 2 consiste em pequenas correções em sistemas existentes recorrendo a métodos conhecidos na indústria, ou seja, trata-se de uma invenção que visa resolver uma contradição técnica. O nível 3 que traz melhorias importantes que resolvem contradições em sistemas típicos de um dado ramo de atividade, invenção que resolve uma contradição física. Assim, pode-se recorrer à TRIZ para eliminar os desperdícios identificados pelo *Lean*.

### 4.3 Nível de Idealidade/Perfeição Segundo TRIZ - *Lean*

A TRIZ ao ser aplicada a um problema identificado, procura encontrar uma solução para esse problema, solução essa com um grau de idealidade elevado, ou seja, o Resultado Final Ideal (RFI). Por sua vez, o RFI, como descrito anteriormente, consiste numa solução que evita desperdícios e danos desnecessários. Aqui surge uma semelhança com o quinto princípio do *Lean*, a Perfeição. O quinto princípio do *Lean* procura através da inovação e da melhoria contínua a perfeição nos processos de eliminação dos desperdícios e na criação de valor. Na figura 4.2 encontra-se ilustrado esta semelhança entre as duas metodologias.

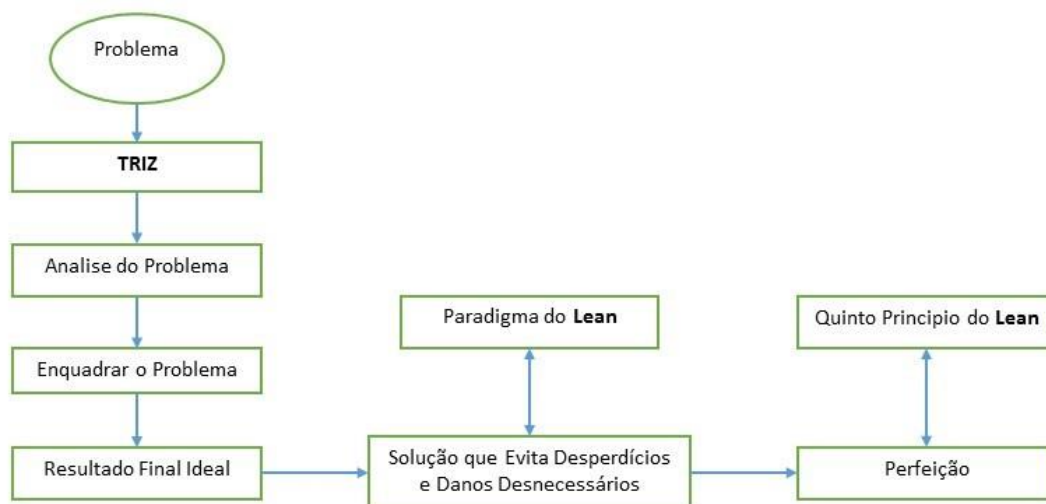


Figura 4.2 - Semelhança Entre a TRIZ e o Lean Quanto à Perfeição

O *Lean* e a TRIZ complementam-se neste aspeto. Por um lado pode-se recorrer ao *Lean* para identificar os desperdícios e chegar-se a um Resultado Final Ideal através da TRIZ. Por outro lado pode-se recorrer à TRIZ para que seja criada uma solução que evita desperdícios e danos desnecessários, que por sua vez representa o objetivo do quinto princípio do *Lean*, a perfeição.

#### 4.4 Eliminação de Desperdício Através das Contradições

Existem dois tipos de desperdício e três tipos de atividade descritos pelo *Lean*. Os dois tipos de desperdícios são: o óbvio e o desperdício necessário. As atividades são: as que acrescentam valor, as que não acrescentam valor mas são necessárias, e por fim, as que não acrescentam valor e não são necessárias. O *Lean* aplica-se essencialmente na redução do Desperdício Óbvio, precedendo de atividades que não acrescentam valor e que não são necessárias. A redução do Desperdício Necessário poderá ser reduzida através *Lean*, mas em segundo plano. Na maioria das empresas que aplicam a TRIZ, as ferramentas para reduzir o desperdício óbvio estão bastante difundidas

O *Lean* é mais aplicado ao Desperdício Óbvio, e por sua vez pode chegar com mais dificuldade ao Desperdício Necessário. Neste aspeto, uma aplicação da TRIZ poderá ser benéfica dado que esta metodologia tem por objetivo solucionar as contradições detetadas. Na figura 4.3 é



esquemática a integração das ferramentas da TRIZ dentro de um dos ramos de atividade do *Lean*.

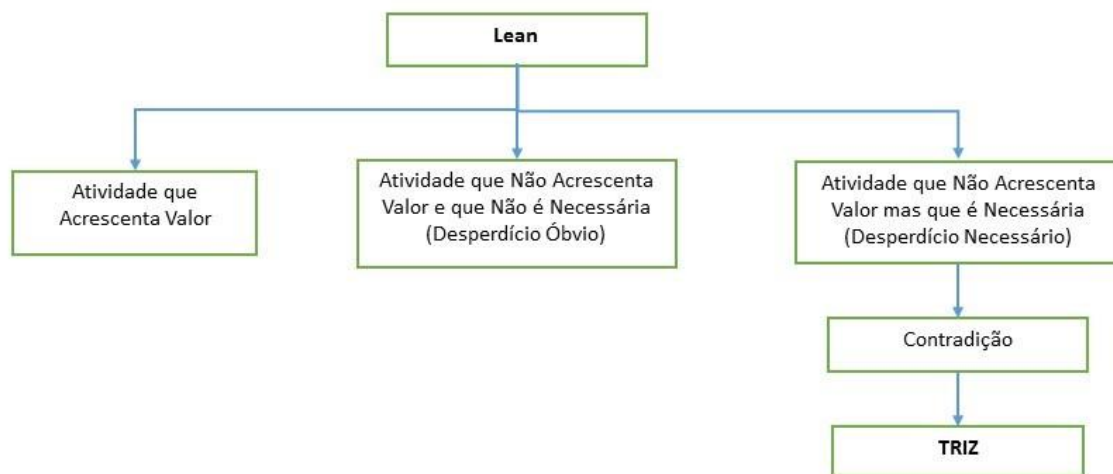


Figura 4.3 - Integração das Ferramentas TRIZ Numa das Atividades do Lean

## 4.5 Descrição do Modelo Proposto

O modelo que esta dissertação apresenta tem o objetivo de tornar mais efetiva e eficiente a aplicação da metodologia TRIZ. O modelo tem a forma de fluxograma e dispõe de várias alternativas para a resolução de problemas identificados. O problema é sempre mantido em perspectiva. Após a identificação do desperdício/contradição o problema é formulado e é proporcionada uma clarificada rede de causas e efeitos. São identificados quais os aspetos que devem ser alterados e de que forma. São identificados os elementos prejudiciais, quais os elementos úteis, e quais as contradições técnicas. Na figura 4.4 é demonstrado em que fase do processo de criação de soluções pode ser aplicado o modelo proposto.



Figura 4.4 - Fase do Processo Normal de Criação Onde se Aplica o Modelo Criado

Este modelo esquematiza e põe em perspectiva a utilização conjunta da TRIZ com o *Lean*, ilustrado na figura 4.5. Este modelo será descrito pormenorizadamente nos subcapítulos adjacentes.

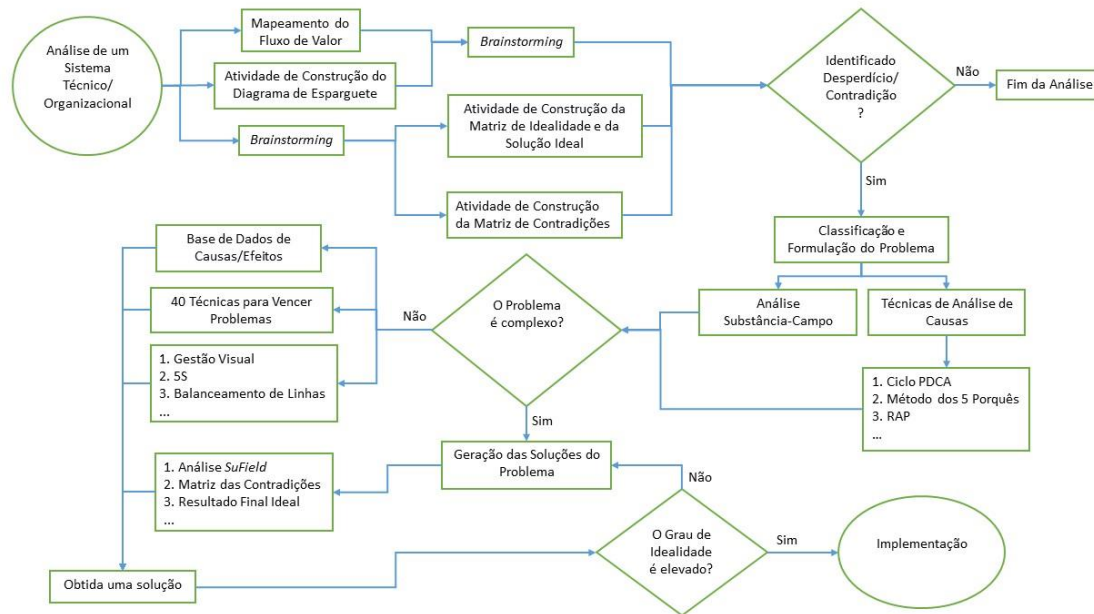


Figura 4.5 – Modelo Proposto para a Análise de um Sistema Técnico/Organizacional

## 4.6 Análise de um Sistema Passo-a-Passo

O modelo proposto permite fazer uma análise de um sistema relativamente à existência de desperdícios/contradições, ou seja, quanto à existência de um problema. Esta análise divide-se em quatro principais fases: análise de um sistema técnico/organizacional, classificação e formulação do problema, geração das soluções do problema e finalmente a fase do nível de idealidade da solução.

Os sistemas a que este modelo pode ser aplicado vão desde sistemas técnicos a sistemas organizacionais. Podem-se aplicar à área dos produtos, processos, organizações, entre outros.

### 4.6.1 Análise de um Sistema Técnico/Organizacional

Ao iniciar a análise de um sistema, são dispostas três atividades. Duas delas, o mapeamento do fluxo de valor e a construção de um diagrama de esparguete, são precedidas de um

*brainstorming*. Este, por sua vez, irá analisar os resultados obtidos nas duas atividades referidas, e assim é decidido o resultado final obtido do conjunto. A génese deste ramo do fluxograma é o *Lean*.

A terceira atividade inicia-se com a análise de um sistema através de um *brainstorming*. Este vai servir de base para a construção da Matriz de Idealidade e da Solução Ideal, assim como para a construção da Matriz das Contradições. A Matriz de Idealidade é construída com o objetivo de analisar os parâmetros que entram numa iteração negativa, que por sua vez constituem uma contradição.



Figura 4.6 - Primeira Parte do Modelo - Análise de um Sistema Técnico/Organizacional

## 4.6.2 Classificação e Formulação do Problema

Depois de concluídas as atividades anteriores, caso não tenha sido detetado nenhum desperdício ou contradição através das ferramentas utilizadas, a análise é dada por finalizada.

No caso de ter sido encontrado um desperdício ou uma contradição, continua-se a percorrer o fluxograma para a fase de Classificação e Formulação do Problema. Este modelo sugere que sejam elaboradas duas atividades para esta fase. Por um lado, recorrer à Análise Substância-Campo, que consiste numa ferramenta da TRIZ, e simultaneamente, é sugerido recorrer a um conjunto de Técnicas de Análise de Causas, entre elas o diagrama de Ishikawa, Árvore de Falhas, Ciclo PDCA (Plan Do Check Act), RAP (Relatório de Avarias Penalizantes) e o Método dos 5 Porquês.

A segunda parte deste modelo, onde se classifica e formula o problema, está ilustrada na figura 4.7.

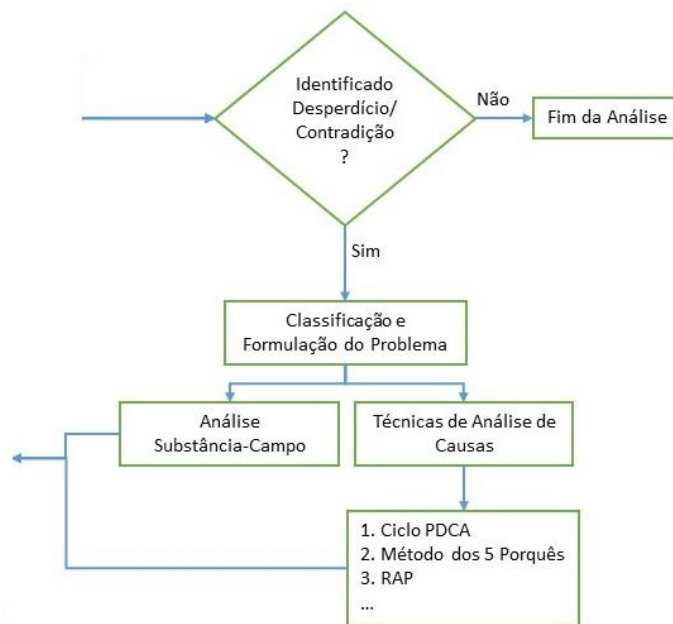


Figura 4.7 - Segunda Parte do Modelo – Avaliação Quanto à Existência de Desperdício/Contradição

### 4.6.3 Geração das Soluções do Problema

Com o problema já classificado e formulado, é possível ter noção se se trata de um problema complexo ou de um problema simples, como se pode verificar na figura 4.8, que corresponde a uma parte do fluxograma. A decisão deste ponto não é definitiva, uma vez que uma decisão inadequada neste ponto, será detatada mais à frente no fluxograma.

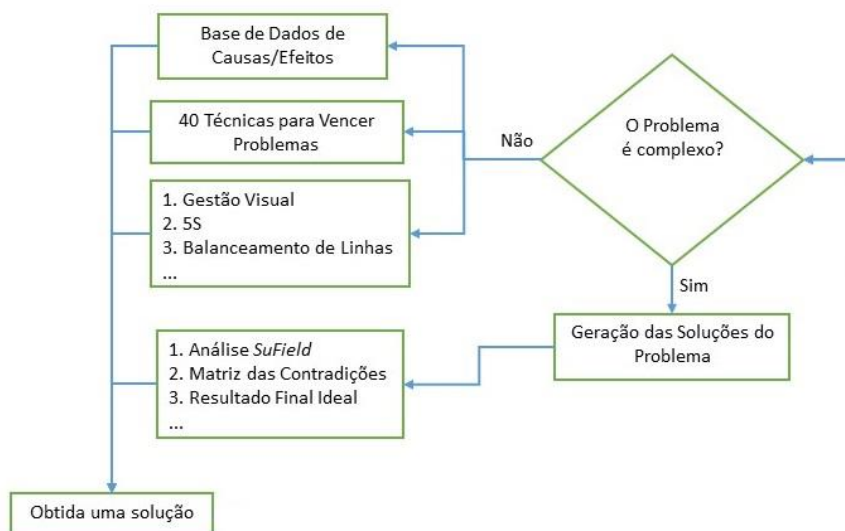


Figura 4.8 - Terceira Parte do Modelo - Avaliação Quanto à Complexidade do Problema

No caso de se considerar que se trata de um problema complexo, parte-se para a geração das soluções do problema através de várias ferramentas da TRIZ. Sugere-se a utilização de várias ferramentas para que as soluções obtidas se confirmem entre si. Estas ferramentas da TRIZ são a Análise Substância-Campo (*SuField*), Resultado Final Ideal, Análise Multi Janelas, ARIZ, Análise das Curvas da Vida Útil, Matriz de Contradições, Contradições Físicas e Princípios de Separação e os Padrões de Evolução.

Caso se considere que não se trata de um problema complexo, poder-se-ão optar por soluções mais diretas, soluções essas através de ferramentas tanto da TRIZ como do *Lean*. Assim, utilizam-se simultaneamente as Bases de Dados de Causas/Efeitos, onde se incluem por exemplo as bases de dados *online*, as 40 Técnicas para Vencer Conflitos, e um conjunto de ferramentas *Lean*. Este conjunto é dinâmico e aconselha-se a que sejam aplicados o maior número possível de ferramentas para confirmar o resultado obtido. Entre essas ferramentas poderão estar por exemplo a ferramenta de Gestão Visual, 5S, Balanceamento de Linhas, e o Kanban, entre outras.

Após a aplicação destas ferramentas, é então obtida uma solução.

#### 4.6.4 Nível de Idealidade da Solução

Uma vez obtida uma solução para o desperdício/contradição, o passo seguinte é avaliar se a solução se encontra próxima da solução ideal, como demonstrado na figura 4.9.

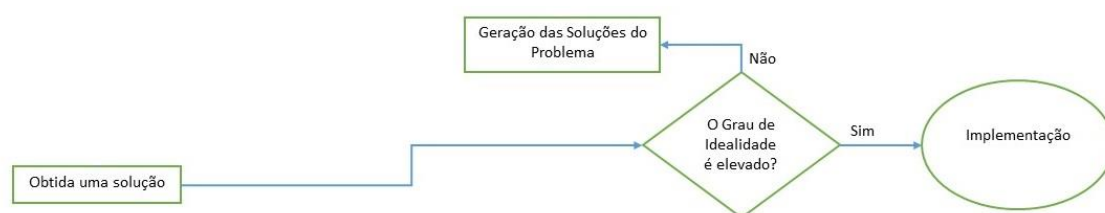


Figura 4.9 - Quarta Parte do Modelo - Avaliação do Grau de Idealidade

Nesta fase é aplicada a fórmula do nível de idealidade. Na terminologia da metodologia TRIZ, uma solução com um nível elevado de idealidade não significa que seja a solução ideal, dado que não existem soluções ideais. Mas na ótica do TRIZ há certas características de uma solução

próxima da ideal. Por outro lado, um nível de idealidade baixo, significa que ainda existem contradições/desperdícios por resolver.

No seguimento da análise feita a um sistema através deste fluxograma, no caso da solução obtida apresentar um nível de idealidade elevado e se se concluir que o sistema ficou mais próximo do ideal, então parte-se para a sua implementação. Desta forma, é fechando o ciclo da Análise de um Sistema com a resolução de um desperdício/contradição identificado.

No caso de a solução não apresentar um grau de idealidade elevado, retorna-se à Geração das Soluções do Problema. O problema é então considerando como complexo, mesmo que em primeira instância não o tenha sido feito. Dado que não foi obtida uma solução próxima do ideal, o fluxograma conduz novamente para uma resolução do problema, mas desta feita como um problema complexo, recorrendo à geração das soluções do problema através das ferramentas da TRIZ.

A possível subjetividade da avaliação do problema como complexo ou não complexo, é também salvaguardada neste ponto do fluxograma. No caso de se ter avaliado o problema como não sendo complexo, e na realidade este ser complexo, uma abordagem menos aprofundada através do primeiro não irá dar origem a uma solução com um grau de idealidade elevado. Assim, perante esta resposta negativa, o fluxograma direciona novamente para a Geração das Soluções do Problema.

## 5 Discussão de Resultados

Quando se pretende aplicar as metodologias *Lean* e TRIZ para tornar um sistema mais eficiente, através da identificação e posterior eliminação dos desperdícios e contradições, é necessário um modelo com procedimentos flexíveis e facilmente adaptáveis a cada caso. O modelo proposto nesta tese facilita a criação de soluções para eliminação/redução dos desperdícios/contradições identificados através da análise do sistema, com o recurso a várias ferramentas analíticas do *Lean* e da TRIZ. A utilização do modelo permite a obtenção de soluções mais inovadoras que potenciam o nível de idealidade de sistemas em estudo.

Não se trata assim de escolher apenas uma ferramenta das diversas ferramentas do *Lean* e da TRIZ, e aplica-la isoladamente. É um processo sistemático que obtém uma solução sustentada por várias fases de análise durante o fluxograma.

Com o modelo proposto é possível observar o sistema em várias dimensões, para um melhor entendimento e maior abrangência. Ao percorrer o procedimento, segundo o fluxograma elaborado, o sistema em estudo e os seus componentes são trabalhados com várias técnicas e ferramentas analíticas. Assim, as ferramentas do *Lean* e da TRIZ contribuem para um resultado comum.

Aquando do primeiro contato com a TRIZ por parte de um utilizador, é necessário estudo e alguma prática para que as aplicações sejam corretamente executadas.

O modelo proposto esquematiza e põe em perspetiva a utilização conjunta da TRIZ com o *Lean*, mas para a correta aplicação de ambos, com os resultados pretendidos, requer uma habituação às metodologias. Através da utilização do modelo TRIZ & *Lean* pretende-se que as organizações possam resolver problemas complexos e criar soluções inovadoras precisando de inovação esporádica de “génios” inspirados, mas por via de implementação de inovação sistemática acessível a todos.

Nesta dissertação, onde se procurou juntar o pensamento *Lean* com o pensamento TRIZ, concluiu-se que as ferramentas da TRIZ podem ser aplicadas na metodologia *Lean*, dadas as suas características de semelhança de objetivos e de complementaridade. A abordagem permite a utilização conjunta de ferramentas de ambas as metodologias, preenchendo as lacunas e ampliando os benefícios de ambas.





## 6 Conclusão

A inovação é crucial para o aumento da eficiência das organizações, para a melhoria da competitividade e da rentabilidade. Com mudanças rápidas que ocorrem na indústria, nos serviços assim como em todas atividades humanas do mundo atual, é sentida uma necessidade constante de soluções inovadoras. É preciso melhorar os produtos e processos de forma progressiva e continuada. As organizações necessitam de ter ferramentas analíticas adequadas à implementação de inovação sistemática e ao aumento de criatividade. Um dos fatores importantes para o sucesso de atividades industriais passa pela criação de ideias e pela inovação. Neste domínio aplicam-se a TRIZ e o *Lean*, que são ferramentas de inovação e de melhoria contínua e que aumentam significativamente a capacidade de resposta às mudanças no mercado.

O *Lean* visa a melhoria contínua de processos através da redução de desperdício e do aumento da eficiência. Num ambiente de implementação do *Lean* é pressuposta a utilização de diversos instrumentos analíticos e de metodologias variadas, como o *Value Stream Mapping*, *Kaisen*, *Total productive Maintenance*, *Pull/Kanban*, entre outros. Porém, faltam ferramentas analíticas para a geração de soluções.

A TRIZ, por sua vez, visa a resolução inventiva de problemas nas áreas de engenharia e gestão. A metodologia TRIZ possui um conjunto de diferentes técnicas e instrumentos analíticos utilizados na geração de soluções para problemas detetados ou na análise de falhas. Várias técnicas e conceitos do *Lean* podem ser utilizados juntamente com os instrumentos da TRIZ. Assim, na qualidade de geradora de soluções, a TRIZ poderá auxiliar na criação e no desenvolvimento de ambientes de *Lean Management*. A combinação dos instrumentos analíticos do *Lean* com a capacidade criativa da TRIZ poderá trazer vantagens importantes para as organizações.

Muito pouco conhecida em Portugal, a metodologia TRIZ está a ser divulgada e utilizada cada vez mais em ambientes académicos e industriais. Os grandes grupos económicos multinacionais utilizam cada vez mais a metodologia TRIZ, como por exemplo a Ford e Daimler-Chrysler, a Johnson & Johnson, a empresa aeronáutica Boeing, a Nasa, e empresas de tecnologia Hewlett Packard, Motorola, General Electric, Xerox, IBM, LG, Samsung, Procter and Gamble, Expedia e Kodak. As mesmas empresas também são utilizadoras experientes da metodologia *Lean*. Assim, o novo modelo poderá ser de grande utilidade para estas empresas.

Este estudo da utilização conjunta das ferramentas analíticas das metodologias *Lean* e TRIZ revelou grande potencial de utilidade prática. Em trabalhos futuros seria de grande interesse e utilidade aplicar o modelo em exemplos práticos em organizações reais, para validar e aperfeiçoar o modelo.

# Bibliografia

- Altshuller, G. 2004. *And Suddenly the Inventor Appeared*. edited by S. Shulyak, Lev; Rodman. Worcester, MA: Technical Innovation Center, Inc.
- Altshuller, G. 2007. *The Innovation Algorithm*. 2nd ed. Worcester, MA: Technical Innovation Center, Inc.
- Altshuller, G and Shulyak, L and Rodman, S. 2002. *40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation*. Worcester, MA: Technical Innovation Center, Inc.
- AULIVE. 2015. "Online Inspiration | AULIVE." Retrieved February 3, 2015 (<http://www.aulive.com/>).
- Bligh, A. 2006. "The Overlap Between TRIZ and Lean." *University of Rhode Island*.
- Carvalho, M. 2007. "Metodologia Ideatriz Para a Ideação de Novos Produtos." Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Domingues, J. 2013. "Aplicação de Ferramentas Lean e Seis Sigma Numa Indústria de Sistemas de Fixação." Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Filmore, P. 2008. "A Comparison of the Problem Solving and Creativity Potential of Engineers between Using TRIZ and Lean / Six Sigma." in *The Fourth TRIZ Symposium, Japan, Laforet Biwako, Moriama City, 10-12 September 2008*.
- GIAGI. 2007. *Gestão da Manutenção e Disponibilidade dos Equipamentos*. GIAGI - Consultores em Gestão Industrial, Lda.
- Hohnjec, M. 2012. "Poke-Yoke and Inventive Principles." P. 689 to 692 in *TRIZ Future 2012, Lisbon, Portugal*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Ikovenko, S. and J. Bradley. 2004. "TRIZ as a Lean Thinking Tool." Pp. 7526–28 in *ETRIA TRIZ Future Conference 2004*. Florence, Italy.
- Kamimura, T. 2011. *Ideation-TRIZ Software*. Ideation Japan Inc.
- Krasnoslobodtsev, V. 2012. "Essential TRIZ for Beginners - Innovación Sistemática | Curso Introducción Al TRIZ Clásico." Retrieved February 10, 2015 (<http://www.innovacion-sistematica.net/curso-introduccion-al-triz-clasico>).
- Krasnoslobodtsev, V. 2015a. "Innovación Sistemática | Lección 11 - Inercia.mental." Retrieved May 19, 2015 (<http://www.innovacion-sistematica.net/leccion-11-inercia-mental>).
- Krasnoslobodtsev, V. 2015b. "Innovación Sistemática | Lección.6 - Efectos.científicos." Retrieved February 23, 2015 (<http://www.innovacion-sistematica.net/leccion-6-efectos-cientificos>).
- Kurosawa, S. 2014. "Eight Key Ideas of TRIZ." in *10th TRIZ Symposium 2014*. Waseda University, Tokyo, Japan.
- Marques, J. 2014. "Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autónoma em Atividades de Manutenção Industrial." Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

- Molina, J. 2013. “Metodologia TRIZ Aplicada ao Desenvolvimento do Conforto Acústico em Aeronaves Comerciais.” Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Moreira, F. 2015. “Ferramentas e Metodologias do Lean Thinking - Portal Gestão.” Retrieved May 25, 2015 (<https://www.portal-gestao.com/item/6005-ferramentas-e-metodologias-do-lean-thinking.html>).
- Nakagawa, T. 1999. “Let’s Learn TRIZ! A Methodology for Creative Problem Solving.” Retrieved February 26, 2015 (<http://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/epapers/eIntro990929/eIntro990929.html>).
- Nakagawa, T. 2011. “USIT : A New Paradigm for Creative Problem Solving - It’s Concept and Usage.” in *7th TRIZ Symposium, Japan TRIZ Society, NPO*. TOSHIBA Kenshu Center, Yokohama, Japan.
- Navas, H. 2011. “Inovação Sistemática e Manutenção Lean.” *Manutenção*, Nº 110/111, 3º e 4º Trimestres, 73–75.
- Navas, H. 2013a. “TRIZ Uma Metodologia Para a Resolução de Problemas.” *Guia de Empresas Certificadas*, Cempalavras Comunicação Empresarial, Lda, Lisboa.
- Navas, H. 2013b. “TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation.” P. 75 to 97 in *Advances in Industrial Design Engineering*. InTech.
- Navas, H. 2014a. “Fundamentos Do TRIZ - Parte I - Necessidade de Resolver Problemas.” *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº 50*.
- Navas, H. 2014b. “Fundamentos Do TRIZ - Parte II - Níveis de Inovação.” *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº 51 - Maio 2014 - Vida Económica*.
- Navas, H. 2014c. “Fundamentos Do TRIZ - Parte IV - Análise de Recursos.” *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº 53 - Julho 2014 - Vida Económica*.
- Navas, H. 2014d. “Fundamentos Do TRIZ - Parte VI - Aplicação de Bases de Dados de Causas E Efeitos.” *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº 55 - Outubro 2014 - Vida Económica*.
- Navas, H. 2014e. “Fundamentos Do TRIZ - Parte VII - Modelo Substância-Campo.” *Inovação & Empreendedorismo, Newsletter nº 57 - Dezembro 2014 - Vida Económica*.
- Navas, H. 2015a. “Fundamentos Do TRIZ - Parte IX - Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas.” *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº 58 - Janeiro 2015- Vida Económica*.
- Navas, H. 2015b. “Fundamentos Do TRIZ - Parte XI -Ferramentas Para Vencer a Inércia Mental.” *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº 60 - Março 2015 - Vida Económica*.
- Navas, H. and V. Machado. 2011. “‘ The Lifeline ’ of Technical Systems in a TRIZ-LEAN Environment.” in *ETRIA TRIZ Future 2011*. Dublin, Ireland.
- OperationalConsulting. 2009. *Sistema de Produção Toyota - Conferência 2009*. Operational Consulting - Soluções de Engenharia.
- OxfordCreativity. 2015. “Effects Database.” Retrieved February 3, 2015 ([http://wbam2244.dns-systems.net/EDB\\_Welcome.php](http://wbam2244.dns-systems.net/EDB_Welcome.php)).
- ProductionInspiration. 2015. “Find New Production Ways - Base de Dados Online.” Retrieved February 3, 2015 (<http://www.productioninspiration.com/>).

- Radeka, K. 2007. *TRIZ for Lean Innovation Increase Your Ability to Leverage Innovation across the Enterprise and beyond Solution TRIZ for Lean Innovation*. Whittier Consulting Group, Inc. WA, USA.
- Renato, É. 2010. *Six Sigma, Lean Manufacturing e Teoria das Restrições (TOC)*. UFRJ.
- Russo, D., D. Regazzoni, and T. Montecchi. 2011. “Eco-Design with TRIZ Laws of Evolution.” Pp. 311–22 in *Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation: 4th IFIP WG 5.4 Working Conference, CAI 2011 Strasbourg, France, June/July 2011 Proceedings*, vol. 9. Bergamo, Italy: Springer.
- Saliminamin, S; Parvin, M; Karimi, M; Khoshghghalb, H. 2012. “How TRIZ Beginners Can Find and Solve Inventive Problems with 5 Simple Tools among All TRIZ Tools.” P. 593 to 602 in *TRIZ Future Conference 2012, Lisbon, Portugal*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Santos, A; Ferreira, C; Forcellini, F. 2009. *Projeto Conceitual - TRIZ*. Universidade Federal de Sergipe, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas Núcleo de Engenharia de Produção.
- Savransky, S. 2000. *Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*. New York, USA: CRC PRESS.
- Thurnes, C. 2013. “Lean-TRIZ instead of TRIZ-Lean.” P. 789 to 795 in *Proceedings of the TRIZ, Conference Future 2013*. Paris, France.
- Vorley, G. 2008. *Mini Guide To Root Cause Analysis*. Guildford Surrey, UK: Quality Management & Training Ltd.
- Yarina, K. 2013. “Concept Engineering and the Principles of TRIZ.” Retrieved March 11, 2015 ([http://mnasq.org/wp-content/uploads/ConceptEngineering\\_TRIZ\\_MN\\_ASQ\\_May2014.pdf](http://mnasq.org/wp-content/uploads/ConceptEngineering_TRIZ_MN_ASQ_May2014.pdf)).



# Anexos

# Anexo A – Matriz de Contradições (adaptado de Alshuller, 2002)

		Pârametros de engenharia piorados										Princípios inventivos	
		1	2	3	4	5	6	7	8			1	
Pâramtros de engenharia a ser melhorados	1	Peso (objeto móvel)		-	15, 8, 29, 34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-	2	Segmentação	
	2	Peso (objeto imóvel)	-		-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2	3	Extração	
	3	Comprimento (objeto móvel)	15, 8, 29, 34	-		-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-	4	Qualidade local	
	4	Comprimento (objeto imóvel)	-	35, 28, 40, 29	-		-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2, 14	5	Assimetria	
	5	Área (objeto móvel)	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-		-	7, 14, 17, 4	-	6	Combinação	
	6	Área (objeto imóvel)	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-		-	-	7	Universidade	
	7	Volume (objeto móvel)	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 35, 4	-	1, 7, 4, 17	-		-	8	Nidificação	
	8	Volume (objeto imóvel)	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-	-	-		9	Contrapeso	
	9	Velocidade	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	10	Contra-acção prévia	
	10	Força	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 1	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	11	Ação prévia	
	11	Tensão, Pressão	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 34	12	Amortecimento prévio	
	12	Forma	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10	-	14, 4, 15, 22	7, 2, 35	13	Equipotencialidade	
	13	Estabilidade do objeto	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	14	Inversão	
	14	Resistência	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	15	Esfericidade	
	15	Durabilidade (objeto móvel)	19, 5, 34, 31	-	2, 19, 9	-	3, 17, 19	-	10, 2, 19, 30	-	16	Dinamismo	
	16	Durabilidade (objeto imóvel)	-	6, 27, 19, 16	-	1, 40, 35	-	-	-	35, 34, 38	17	Ação parcial ou excessiva	
	17	Temperatura	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	18	Transição para uma nova dimensão	
	18	Clareza	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16	-	19, 32, 26	-	2, 13, 10	-	19	Vibrações mecânicas	
	19	Energia dispensada (objeto móvel)	12, 18, 28, 31	-	12, 28	-	15, 19, 25	-	35, 13, 18	-	20	Ação periódica	
	20	Energia dispensada (objeto imóvel)	-	19, 9, 6, 27	-	-	-	-	-	-	21	Continuidade de uma ação útil	
	21	Potência	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37	-	19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	22	Corrida apressada	
	22	Perda de energia	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 7, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	23	Conversão de prejuízo em proveito	
	23	Perda de massa	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	24	Reação	
	24	Perda de informação	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16	-	2, 22	25	Medição	
	25	Perda de tempo	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18	26	Auto-serviço	
	26	Quantidade de matéria	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18	-	15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29	-	27	Cópia	
	27	Fiabilidade	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	28	Objeto económico com vida curta (descartável)	
	28	Precisão de medição	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6	-	29	Substituição do sistema mecânico	
	29	Precisão de fabrico	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 28, 2, 35	25, 10, 35	30	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos	
	30	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	31	Membranas flexíveis ou películas finas	
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22	-	17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	32	Utilização de materiais porosos	
	32	Manufaturabilidade	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 4	13, 29, 1, 40	35	33	Mudança de cor	
	33	Conveniência de uso	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12	-	1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 31, 39	34	Homogeneidade	
	34	Manutenção	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 32, 13	16, 25	25, 2, 35, 11	1	35	Rejeição e recuperação de componentes	
	35	Adaptabilidade	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29	-	36	Transformação do estado físico ou químico	
	36	Complexidade do dispositivo	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	37	Mudança de fase	
	37	Complexidade no controlo	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	38	Expansão térmica	
	38	Nível de automação	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 28, 17	23	17, 14, 13	-	35, 13, 16	-	39	Utilização de oxidantes fortes	
	39	Produtividade	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 35, 37, 10, 2		40	Ambiente inerte	
												Materiais compósitos	



		Pâmetros de engenharia piorados								Princípios inventivos		
		9	10	11	12	13	14	15	16	1		
Pâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso (objeto móvel)	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	-	2	Segmentação
	2	Peso (objeto imóvel)	-	8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	18, 2, 10, 27	-	2, 27, 19, 6	3	Extração
	3	Comprimento (objeto móvel)	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	-	4	Qualidade local
	4	Comprimento (objeto imóvel)	-	28, 1	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26	-	1, 40, 35	5	Assimetria
	5	Área (objeto móvel)	29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	-	6	Combinação
	6	Área (objeto imóvel)	-	1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	-	2, 38	40	-	2, 10, 19, 30	7	Universidade
	7	Volume (objeto móvel)	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	-	8	Nidificação
	8	Volume (objeto imóvel)	-	2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	-	35, 34, 38	9	Contrapeso
	9	Velocidade		13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 28, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	-	10	Contra-acção prévia
	10	Força	13, 28, 15, 12		18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2	-	11	Ação prévia
	11	Tensão, Pressão	6, 35, 36	36, 35, 21		35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40	19, 3, 27	-	12	Amortecimento prévio
	12	Forma	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14		31, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25	-	13	Equipotencialidade
	13	Estabilidade do objeto	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4		17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	14	Inversão
	14	Resistência	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35		27, 3, 26	-	15	Esfericidade
	15	Durabilidade (objeto móvel)	3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10		-	16	Dinamismo
	16	Durabilidade (objeto imóvel)	-	-	-	-	39, 3, 35, 23	-	-		17	Ação parcial ou excessiva
	17	Temperatura	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	18	Transição para uma nova dimensão
	18	Clareza	10, 13, 19	26, 19, 6	-	32, 30	32, 3, 20, 27	35, 19	2, 19, 6	-	19	Vibrações mecânicas
	19	Energia dispensada (objeto móvel)	8, 15, 35	16, 26, 21	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18	-	20	Ação periódica
	20	Energia dispensada (objeto imóvel)	-	36, 37	-	-	27, 4, 29, 18	35	-	-	21	Continuidade de uma ação útil
	21	Potência	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	22	Corrida apressada
	22	Perda de energia	16, 35, 38	36, 38	-	-	14, 2, 39, 6	26	-	-	23	Conversão de prejuízo em proveito
	23	Perda de massa	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 10, 38	24	Reação
	24	Perda de informação	26, 32	-	-	-	-	-	10	10	25	Medição
	25	Perda de tempo	-	10, 37, 36, 5	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	26	Auto-serviço
	26	Quantidade de matéria	35, 29, 34, 26	35, 14, 3	10, 36, 14, 3	35, 14	15, 2, 17, 40	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	27	Cópia
	27	Fiabilidade	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11	-	11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	28	Objeto económico com vida curta (descartável)
	28	Precisão de medição	28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	29	Substituição do sistema mecânico
	29	Precisão de fabrico	10, 28, 32	28, 19, 34, 36	3, 35	32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40	-	30	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
	30	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33	31	Membranas flexíveis ou películas finas
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	32	Utilização de materiais porosos
	32	Manufaturabilidade	35, 13, 8, 1	35, 12	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	33	Mudança de cor
	33	Conveniência de uso	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	34	Homogeneidade
	34	Manutenção	34, 9	1, 11, 10	13	1, 13, 2, 4	2, 35	1, 11, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	35	Rejeição e recuperação de componentes
	35	Adaptabilidade	35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	36	Transformação do estado físico ou químico
	36	Complexidade do dispositivo	34, 10, 28	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15	-	37	Mudança de fase
	37	Complexidade no controlo	3, 4, 16, 35	36, 28, 40, 19	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 25, 39	25, 34, 6, 35	38	Expansão térmica
	38	Nível de automação	28, 10	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	6, 9	-	39	Utilização de oxidantes fortes
	39	Produtividade	-	28, 15, 10, 36	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	22, 10, 16, 38	40	Ambiente inerte
												40

			Pâmetros de engenharia piorados								Princípios inventivos	
			17	18	19	20	21	22	23	24	1	
Pâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso (objeto móvel)	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	-	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	2	Segmentação
	2	Peso (objeto imóvel)	28, 19, 32, 22	35, 19, 32	-	18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	3	Extração
	3	Comprimento (objeto móvel)	10, 15, 19	32	8, 35, 24	-	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	4	Qualidade local
	4	Comprimento (objeto imóvel)	3, 35, 38, 18	3, 25	-	-	12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	5	Assimetria
	5	Área (objeto móvel)	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	-	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	6	Combinação
	6	Área (objeto imóvel)	35, 39, 38	-	-	-	17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	7	Universidade
	7	Volume (objeto móvel)	34, 39, 10, 18	10, 13, 2	35	-	35, 6, 3, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	8	Nidificação
	8	Volume (objeto imóvel)	35, 6, 4	-	-	-	30, 6	-	10, 39, 35, 34	-	9	Contrapeso
	9	Velocidade	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	-	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26	10	Contra-acção prévia
	10	Força	35, 10, 21	-	19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5	-	11	Ação prévia
	11	Tensão, Pressão	35, 39, 19, 2	-	14, 24, 10, 37	-	10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 37	-	12	Amortecimento prévio
	12	Forma	22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14	-	4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5	-	13	Equipotencialidade
	13	Estabilidade do objeto	35, 1, 32	32, 3, 27, 15	13, 19	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40	-	14	Inversão
	14	Resistência	30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40	-	15	Esfericidade
	15	Durabilidade (objeto móvel)	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18	-	19, 10, 35, 38	-	28, 27, 3, 18	10	16	Dinamismo
	16	Durabilidade (objeto imóvel)	19, 18, 36, 40	-	-	-	16	-	27, 16, 18, 38	10	17	Ação parcial ou excessiva
	17	Temperatura		32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	-	2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31	-	18	Transição para uma nova dimensão
	18	Clareza	32, 35, 19		32, 1, 19	32, 35, 1, 15	32	19, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	19	Vibrações mecânicas
	19	Energia dispensada (objeto móvel)	19, 24, 3, 13	2, 15, 19		-	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5	-	20	Ação periódica
	20	Energia dispensada (objeto imóvel)	-	19, 2, 35, 32	-		-	-	28, 27, 18, 31	-	21	Continuidade de uma ação útil
	21	Potência	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37	-		10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19	22	Corrida apressada
	22	Perda de energia	19, 38, 7	1, 13, 32, 15	-	-	3, 38		35, 27, 2, 37	19, 10	23	Conversão de prejuízo em proveito
	23	Perda de massa	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31		-	24	Reação
	24	Perda de informação	-	19	-	-	10, 19	19, 10	-		25	Medição
	25	Perda de tempo	35, 29, 21, 18	1, 19, 21, 17	35, 38, 19, 18	1	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 34	26	Auto-serviço
	26	Quantidade de matéria	3, 17, 39	-	34, 29, 16, 18	3, 35, 31	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	27	Cópia
	27	Fiabilidade	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	28	Objeto económico com vida curta (descartável)
	28	Precisão de medição	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32	-	3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28	-	29	Substituição do sistema mecânico
	29	Precisão de fabrico	19, 26	3, 32	32, 2	-	32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24	-	30	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
	30	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	31	Membranas flexíveis ou películas finas
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18	2, 35, 18	21, 35, 22, 2	10, 1, 34	10, 21, 29	32	Utilização de materiais porosos
	32	Manufaturabilidade	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	33	Mudança de cor
	33	Conveniência de uso	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24	-	35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	34	Homogeneidade
	34	Manutenção	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16	-	15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27	-	35	Rejeição e recuperação de componentes
	35	Adaptabilidade	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13	-	19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13	-	36	Transformação do estado físico ou químico
	36	Complexidade do dispositivo	2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28	-	20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29	-	37	Mudança de fase
	37	Complexidade no controlo	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16	19, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	38	Expansão térmica
	38	Nível de automação	26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13	-	28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	39	Utilização de oxidantes fortes
	39	Produtividade	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23	40	Ambiente inerte
												Materiais compósitos

		Pâmetros de engenharia piorados								Princípios inventivos		
		25	26	27	28	29	30	31	32	1	Segmentação	
Pâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso (objeto móvel)	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	3, 11, 1, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	2	Extração
	2	Peso (objeto imóvel)	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	3	Qualidade local
	3	Comprimento (objeto móvel)	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	4	Assimetria
	4	Comprimento (objeto imóvel)	30, 29, 14	-	15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18	-	15, 17, 27	5	Combinação
	5	Área (objeto móvel)	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	6	Universidade
	6	Área (objeto imóvel)	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16	7	Nidificação
	7	Volume (objeto móvel)	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	8	Contrapeso
	8	Volume (objeto imóvel)	35, 16, 32, 18	35, 3	2, 35, 16	-	35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35	9	Contra-acção prévia
	9	Velocidade	-	10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 32, 21	35, 13, 8, 1	10	Ação prévia
	10	Força	10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	11	Amortecimento prévio
	11	Tensão, Pressão	37, 36, 4	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	12	Equipotencialidade
	12	Forma	14, 10, 34, 17	36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	13	Inversão
	13	Estabilidade do objeto	35, 27	15, 32, 35	-	13	18	35, 23, 18, 30	35, 40, 27, 39	35, 19	14	Esfericidade
	14	Resistência	29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	15	Dinamismo
	15	Durabilidade (objeto móvel)	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	16	Ação parcial ou excessiva
	16	Durabilidade (objeto imóvel)	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24	-	17, 1, 40, 33	22	35, 10	17	Transição para uma nova dimensão
	17	Temperatura	35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27	18	Vibrações mecânicas
	18	Clareza	19, 1, 26, 17	1, 19	-	11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	19	Ação periódica
	19	Energia dispensada (objeto móvel)	35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32	-	1, 35, 6, 27	2, 35, 6	28, 26, 30	20	Continuidade de uma ação útil
	20	Energia dispensada (objeto imóvel)	-	3, 35, 31	10, 36, 23	-	-	10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4	21	Corrida apressada
	21	Potência	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2	2, 35, 18	26, 10, 34	22	Conversão de prejuízo em proveito
	22	Perda de energia	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32	-	21, 22, 35, 2	21, 35, 2, 22	-	23	Reação
	23	Perda de massa	15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 10	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	24	Medição
	24	Perda de informação	24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 28, 23	-	-	22, 10, 1, 22	10, 21, 22	32	25	Auto-serviço
	25	Perda de tempo	-	35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	26	Cópia
	26	Quantidade de matéria	35, 38, 18, 16	-	18, 2, 28, 40	3, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27	27	Objeto económico com vida curta (descartável)
	27	Fiabilidade	10, 30, 4	21, 28, 40, 3	-	32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40	35, 2, 40, 26	-	28	Substituição do sistema mecânico
	28	Precisão de medição	24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23	-	-	28, 24, 22, 26	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	29	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
	29	Precisão de fabrico	32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1	-	-	26, 28, 10, 36	4, 17, 34, 26	-	30	Membranas flexíveis ou películas finas
	30	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	-	-	24, 35, 2	31	Utilização de materiais porosos
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26	-	-	-	32	Mudança de cor
	32	Manufaturabilidade	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24	-	1, 35, 12, 18	-	24, 2	-	-	33	Homogeneidade
	33	Conveniência de uso	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39	-	2, 5, 12	34	Rejeição e recuperação de componentes
	34	Manutenção	32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16	-	1, 35, 11, 10	35	Transformação do estado físico ou químico
	35	Adaptabilidade	35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10	-	35, 11, 32, 31	-	1, 13, 31	36	Mudança de fase
	36	Complexidade do dispositivo	6, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1, 10, 34	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40	19, 1	27, 26, 1, 13	37	Expansão térmica
	37	Complexidade no controlo	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28	-	22, 19, 29, 28	2, 21	5, 28, 11, 29	38	Utilização de oxidantes fortes
	38	Nível de automação	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33	2	1, 26, 13	39	Ambiente inerte
	39	Produtividade	-	35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1	22, 35, 13, 24	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24	40	Materiais compósitos

			Parâmetros de engenharia piorados							Princípios inventivos	
			33	34	35	36	37	38	39	1	2
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso (objeto móvel)	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37	3	Exatidão
	2	Peso (objeto imóvel)	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35	4	Qualidade local
	3	Comprimento (objeto móvel)	15, 29, 35, 4, 7	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29	5	Assimetria
	4	Comprimento (objeto imóvel)	2, 25	3	1, 35	1, 26	26	-	30, 14, 7, 26	6	Combinação
	5	Área (objeto móvel)	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 10, 28, 23	10, 26, 24, 32	7	Universidade
	6	Área (objeto imóvel)	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7	8	Nidificação
	7	Volume (objeto móvel)	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34	9	Contrapeso
	8	Volume (objeto imóvel)	-	1	-	1, 31	2, 17, 26	-	35, 37, 10, 2	10	Contra-ação prévia
	9	Velocidade	32, 28, 13, 10	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	-	11	Ação prévia
	10	Força	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37	12	Amortecimento prévio
	11	Tensão, Pressão	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37	13	Equipotencialidade
	12	Forma	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10	14	Inversão
	13	Estabilidade do objeto	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3	15	Esfericidade
	14	Resistência	32, 40, 28, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 25, 28	23, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14	16	Dinamismo
	15	Durabilidade (objeto móvel)	2, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	11, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19	17	Ação parcial ou excessiva
	16	Durabilidade (objeto imóvel)	1	1	2	-	25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38	18	Transição para uma nova dimensão
	17	Temperatura	26, 27	4, 10, 16	8, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35	19	Vibrações mecânicas
	18	Clareza	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16	20	Ação periódica
	19	Energia dispensada (objeto móvel)	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35	21	Continuidade de uma ação útil
	20	Energia dispensada (objeto imóvel)	-	-	-	-	19, 35, 16, 25	-	1, 6	22	Corrida apressada
	21	Potência	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34	23	Conversão de prejuízo em proveito
	22	Perda de energia	35, 32, 1	2, 19	-	7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35	24	Reação
	23	Perda de massa	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23	25	Medição
	24	Perda de informação	27, 22	-	-	-	35, 33	33	13, 23, 15	26	Auto-serviço
	25	Perda de tempo	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	-	27	Cópia
	26	Quantidade de matéria	35, 29, 25, 10	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27	28	Objeto económico com vida curta (descartável)
	27	Fiabilidade	27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38	29	Substituição do sistema mecânico
	28	Precisão de medição	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32	30	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
	29	Precisão de fabrico	1, 32, 35, 23	25, 10	-	26, 2, 18	-	26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39	31	Membranas flexíveis ou películas finas
	30	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 10	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24	32	Utilização de materiais porosos
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	-	-	-	19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39	33	Mudança de cor
	32	Manufaturabilidade	2, 5, 13, 16	35, 1, 25, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28	34	Homogeneidade
	33	Conveniência de uso	1, 12, 26, 15	12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17	-	1, 34, 12, 3	15, 1, 28	35	Rejeição e recuperação de componentes
	34	Manutenção	1, 12, 26, 15	1, 16, 7, 4	7, 1, 4, 16	35, 1, 25, 13, 11	-	34, 35, 7, 13	1, 32, 10	36	Transformação do estado físico ou químico
	35	Adaptabilidade	15, 34, 1, 16, 7	1, 16, 7, 4	-	15, 29, 35, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37	37	Mudança de fase
	36	Complexidade do dispositivo	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37	-	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28	38	Expansão térmica
	37	Complexidade no controlo	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28	-	34, 21	35, 18	39	Utilização de oxidantes fortes
	38	Nível de automação	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	-	5, 12, 35, 26	40	Ambiente inerte
	39	Produtividade	1, 28, 7, 19	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	-		



# Anexo B – Definições dos Parâmetros Técnicos e dos Princípios de Invenção (Marques, 2014)

## Parâmetros Técnicos

### 1. Peso (objeto móvel)

Massa do objeto em movimento num campo gravitacional.

### 2. Peso (objeto imóvel)

Massa do objeto imóvel num campo gravitacional.

### 3. Comprimento (objeto móvel)

Dimensão linear do objeto.

### 4. Comprimento (objeto imóvel)

Dimensão linear do objeto.

### 5. Area (objeto móvel)

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto em movimento.

### 6. Área (objeto imóvel)

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto imóvel.

### 7. Volume (objeto móvel)

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

### 8. Volume (objeto imóvel)

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

### 9. Velocidade

Distância percorrida por um objeto num determinado intervalo de tempo ou uma taxa em relação a um processo ou ação.

### 10. Força

Medida de interação que tenha como intenção modificar a condição de um objeto.

11. Tensão ou pressão  
Força exercida por unidade de área.
12. Forma  
Contorno externo de um componente ou sistema.
13. Estabilidade do objeto  
Integridade do sistema, e o relacionamento dos seus elementos incluindo também nesta categoria a decomposição química, o desgaste, a dissociação e o aumento de entropia.
14. Resistência  
Capacidade de um objeto se opor à aplicação de uma força.
15. Durabilidade (objeto móvel)  
Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.
16. Durabilidade (objeto imóvel)  
Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.
17. Temperatura  
Condição térmica de um objeto ou sistema.
18. Claridade  
Fluxo de luz por unidade de área, incluindo também características óticas como a cor, brilho, qualidade da luz, etc.
19. Energia dispensada (objeto móvel)  
Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.
20. Energia dispensada (objeto imóvel)  
Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.
21. Potência  
Taxa na qual a ação é executada ou taxa de uso da energia.
22. Perda de energia  
Ineficiência, energia gasta que não contribui para a execução da tarefa.
23. Perda de massa

Perda de massa de componentes do sistema, total ou parcial, permanente ou temporário

24. Perda de informação

Perda de dados ou acesso a eles, de ou para um sistema, que pode ser parcial ou total, permanente ou temporário. Nessa informação podem estar incluídos dados visuais, auditivos, táteis, olfativos ou gustativos.

25. Perda de tempo

Ineficiência do uso do tempo disponível.

26. Quantidade de matéria

Número ou quantidade de materiais, substâncias, peças ou subsistemas que podem ser alterados.

27. Fiabilidade

Capacidade de um sistema ou componente cumprir as tarefas pretendidas em determinadas condições.

28. Precisão de medição

Proximidade entre o valor medido e o valor real.

29. Precisão de fabrico

Proximidade entre as características reais de um sistema ou objeto e as características especificadas ou requeridas.

30. Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto

Suscetibilidade de um sistema aos efeitos prejudiciais externos.

31. Efeitos colaterais prejudiciais

Redução da eficiência ou da qualidade devido ao objeto como parte integrante da operação.

32. Manufaturabilidade

Facilidade de fabricação, manufatura, montagem e inspeção.

33. Conveniência do dispositivo

Simplicidade do processo.

34. Manutenção

Conveniência, conforto, simplicidade e tempo para reparar falhas ou defeitos de um sistema.

35. Adaptabilidade



Capacidade de um sistema responder positivamente a alterações externas, inclusive o seu uso em múltiplas formas e sob diferentes condições.

36. Complexidade do dispositivo

Número e diversidade de elementos e relacionamento entre si dentro do sistema.

37. Complexidade no controlo

O controlo de sistemas é complexo, custoso, requer muito tempo e mão-de-obra.

38. Nível de automação

Capacidade de um sistema ou objeto executar tarefas sem a intervenção humana.

39. Produtividade

Número de funções ou operações realizadas por um sistema por unidade de tempo. Tempo por unidade de função ou operação. Saída por unidade de tempo ou custo por unidade de saída.

## **Princípios de Invenção**

1. Segmentação
  - a) Dividir um objeto em partes independentes;
  - b) Fazer um objeto em secções;
  - c) Aumentar o grau de segmentação de um objeto.
2. Extração
  - a) Extrair (remover ou separar) uma parte "perturbadora" ou propriedade de um objeto, ou;
  - b) Extrair apenas a parte necessária ou propriedade.
3. Qualidade local
  - a) Transição de uma estrutura homogénea de um objeto ou ambiente exterior/ação para uma estrutura heterogénea;
  - b) Ter diferentes partes do objeto a realizar diferentes funções;
  - c) Colocar cada parte do objeto sob condições mais favoráveis para a sua operação.
4. Assimetria
  - a) Substituir uma forma simétrica com uma que é assimétrica;
  - b) Se um objeto já é assimétrico, aumentar o grau de assimetria.
5. Combinação
  - a) Consolidar ou combinar em espaços objetos homogéneos ou objetos projetados para operação contínua;
  - b) Consolidar ou combinar no tempo operações homogéneas ou contínuas;
6. Universalização

Ter o objeto a executar várias funções, eliminando assim a necessidade de qualquer outro objeto ou objetos.
7. Nidificação
  - a) Conter o objeto dentro de outro que, por sua vez, é colocado dentro de um terceiro objeto;
  - b) Passar um objeto através de uma cavidade de um outro objeto.
8. Contrapeso
  - a) Compensar o peso do objeto, unindo-o com outro objeto que tem uma força de elevação;

- b) Compensar o peso de um objeto por interação com um ambiente proporcionando forças aerodinâmicas ou hidrodinâmicas.

9. Contra-acção prévia

- a) Realizar uma neutralização com antecedência;
- b) Se o objeto está (ou estará) sob tensão, fornecer anti tensão antecipadamente.

10. Ação prévia

- a) Realizar toda ou parte da ação requerida com antecedência;
- b) Organizar os objetos para que eles possam entrar em ação numa questão pontual e de uma posição conveniente.

11. Amortecimento prévio

Compensar a fiabilidade relativamente baixa de um objeto por contra medidas tomadas com antecedência.

12. Equipotencialidade

Alterar as condições de trabalho de modo a que um objeto não precise de ser levantado ou baixado.

13. Inversão

- a) Em vez de uma ação ditada pelas especificações do problema, implementar uma ação oposta;
- b) Fazer uma parte do objeto móvel ou do ambiente externo imóvel e da parte não móvel, móvel;
- c) Virar o objeto de cabeça para baixo.

14. Esfericidade

- a) Substituir peças lineares ou superfícies planas por curvas; substituir as formas cúbicas por formas esféricas;
- b) Usar rolos, bolas, ou espirais;
- c) Substituir um movimento linear por um movimento de rotação; utilizar uma força centrífuga.

15. Dinamismo

- a) Fazer um objeto ou seu ambiente ajustar-se automaticamente para um ótimo desempenho em cada fase da operação;
- b) Dividir um objeto em elementos que podem mudar de posição em relação de um ao outro;
- c) Se um objeto é imóvel, torná-lo móvel ou permutável.

16. Ação parcial ou excessiva

Se é difícil a obtenção de 100% de um efeito desejado, alcançar um pouco mais ou menos do que este, a fim de simplificar o problema.

17. Transição para nova dimensão

- a) Remover os problemas com a movimentação de um objeto numa linha através da incorporação de duas dimensões no movimento (ou seja, ao longo de um plano);
- b) Usar um conjunto de multicamadas de objetos em vez de uma única camada;
- c) Inclinar o objeto ou virá-lo de lado.

18. Vibrações mecânicas

- a) Pôr um objeto em oscilação;
- b) Se existe oscilação, aumentar a sua frequência, mesmo tão longe quanto os ultra-sons;
- c) Utilizar a frequência de ressonância do objeto;
- d) Em vez de vibrações mecânicas, utilizar piezovibradores;
- e) Usar vibrações ultra-sônicas, em conjunto com um campo eletromagnético.

19. Ação periódica

- a) Substituir uma ação contínua por uma (pulsada) periódica;
- b) Se uma ação já é periódica, alterar a frequência;
- c) Usar pulsos entre impulsos para fornecer ações adicionais.

20. Continuidade de uma ação útil

- a) Executar uma ação contínua (isto é, sem pausas), onde todas as partes de um objeto operam em plena capacidade;
- b) Remover movimentos ociosos e intermediários.

21. Corrida apressada

Executar operações nocivas ou perigosas a uma velocidade muito elevada.

22. Conversão do prejuízo em proveito

- a) Utilizam fatores prejudiciais ou efeitos ambientais para se obter um efeito positivo;
- b) Remover um fator prejudicial, combinando-a com um outro fator prejudicial;
- c) Aumentar a quantidade de ação prejudicial até que deixe de ser prejudicial.

23. Reação

- a) Introdução da retroação;
- b) Se a retroação já existe, invertê-la.

24. Mediação

- a) Usar um objeto intermediário para transferir ou executar uma ação;
- b) Conectar temporariamente um objeto num outro que seja fácil de remover.

25. Auto-serviço

- a) Fazer o objeto servir-se a ele mesmo e a realizar operações complementares e reparação;
- b) Fazer uso de material desperdiçado e de energia.

26. Cópia

- a) Usar uma cópia simples e barata, em vez de um objeto que é complexo, caro, frágil ou inconveniente para operar;
- b) Substituir um objeto pela sua cópia ótica ou imagem. Uma escala pode ser usada para reduzir ou aumentar a imagem;
- c) Se são utilizadas cópias óticas, substituí-las por cópias infravermelhas ou ultravioletas.

27. Objeto económico com vida curta (descartável)

Substituir um objeto caro por uma coleção mais barata, renunciando propriedades (por exemplo, a longevidade).

28. Substituição de sistema mecânico

- a) Substituir um sistema mecânico por um dispositivo ótico, acústico ou sistema olfativo (odor);
- b) Utilizar um campo elétrico, magnético ou eletromagnético para a interação com o objeto;
- c) Substituir os campos:
  - i. Campos estacionárias por campos que se deslocam;
  - ii. Campos fixos por aqueles que mudam com o tempo;
  - iii. Campos aleatórios por campos estruturados;
- d) Usar um campo em conjunção com partículas ferromagnéticas.

29. Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos

Substituir peças sólidas de um objeto por gás ou líquido. Estas peças podem usar ar ou água para a insuflação, ou usar almofadas de ar ou hidrostáticas.

30. Membranas flexíveis ou películas finas

- a) Substituir construções tradicionais pelos feitos de "conchas" flexíveis ou filmes finos;
- b) Isolar um objeto do seu ambiente usando "conchas" flexíveis ou filmes finos.

31. Uso de materiais porosos

- a) Fazer um objeto poroso ou adicionar elementos porosos (inserções, capas, etc.);
- b) Se um objeto já é poroso, preencher os poros com antecedência com alguma substância.

32. Mudança de cor

- a) Mudar a cor de um objeto ou os seus arredores;
- b) Alterar o grau de translucidez de um objeto ou de um processo que é difícil de ver;
- c) O uso de aditivos coloridos para observar um objeto ou um processo que é difícil de ver;
- d) Se tais aditivos já são utilizados, usar vestígios luminescentes ou elementos traçadores.

33. Homogeneidade

Fazer os objetos interagir com um objeto primário do mesmo material, que é próximo dele no comportamento.

34. Rejeição e recuperação de componentes

- a) Depois de ter concluído a sua função ou de se ter tornado inútil, rejeitar ou modificar (por exemplo, descartar, dissolver, evaporar) um elemento de um objeto;
- b) Restaurar imediatamente qualquer parte de um objeto que está esgotado ou exaurido.

35. Transformação do estado físico ou químico

Mudar o estado de agregação de um objeto, distribuição da densidade, do grau de flexibilidade, ou temperatura.

36. Mudança de fase

Implementar um efeito desenvolvido durante a fase de transição de uma substância, por exemplo, a libertação ou a absorção de calor que acompanha uma mudança no volume.

37. Expansão térmica

- a) Usar um material que se expande ou se contraia com o calor;
- b) Usar vários materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica.

38. Utilização de oxidantes fortes

- a) Substituir o ar normal com ar enriquecido;
- b) Substituir o ar enriquecido com oxigénio;
- c) Tratar um objeto em ar ou em oxigénio com radiação ionizante;
- d) Usar o oxigénio ionizado.

39. Ambiente inerte

- a) Substituir o ambiente normal por um inerte;
- b) Realizar o processo em vácuo.

#### 40. Materiais compósitos

Substituir um material homogéneo por um compósito.

## Anexo C – 76 Soluções-Padrão (Molina, 2013)

<b>Classe 1. Construir e destruir modelos Substância-Campo</b>	
<b>1.1 Construção de modelos Substância-Campo</b>	
<b>1.1.1 Construção de um modelo Substância-Campo</b>	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições para a introdução de substâncias ou campos, o problema pode ser resolvido através do preenchimento do modelo Substância-Campo para introduzir os elementos em falta.
<b>1.1.2 Modelo interno Substância-Campo complexo</b>	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições à introdução de substâncias e de campos, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo interno complexo Substância-Campo, ou seja, introduzindo aditivos em S1 ou S2 para aumentar a controlabilidade, ou conferir as propriedades pretendidas para o modelo de Substância-Campo.
<b>1.1.3 Modelo complexo externo Substância-Campo</b>	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos em substâncias existentes S1 e S2, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo externo Substância-Campo complexo, anexando S1 ou S2 à substância um externo S3, com a finalidade de aumentar a controlabilidade ou transmitir propriedades requeridas para o modelo de Substância-Campo.
<b>1.1.4 Modelo substância-campo externo com o meio ambiente</b>	Se um determinado modelo Substância-Campo não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos, tanto nele como anexando substâncias a ele, o problema pode ser resolvido com a construção de um modelo Substância-Campo, utilizando o ambiente como um aditivo.
<b>1.1.5 Modelo substância-campo com o ambiente e aditivos</b>	Se o ambiente não contém as substâncias necessárias para criar um modelo de Substância-Campo de acordo com a solução padrão 1.1.4, estas substâncias podem-se obter mediante a substituição do meio ambiente, a sua decomposição, ou a introdução de aditivos nele.
<b>1.1.6 Modo mínimo</b>	Se o modo mínimo (isto é, medido, ótimo) de ação é necessário e é difícil ou impossível de fornecê-lo, aplica-se o modo máximo, e em seguida, é recomendado eliminar o excedente. O campo excedente pode ser eliminado por uma substância e a substância excedente pode ser eliminada por um campo.



<b>1.1.7 Modo máximo</b>	Se o modo máximo de uma ação de uma substância é necessário e é proibido por várias razões, a ação máxima deve ser mantida, mas dirigida sobre uma outra substância ligada ao primeiro.
<b>1.1.8 Modo selectivo máximo</b>	Se um modo seletivo máximo é necessário (isto é, o modo máxima em zonas selecionadas e modo mínimo em outras zonas), o campo deve ser:  -máximo: neste caso, uma substância protetora deve ser introduzido em todos os lugares onde a influência mínima é necessária.  -mínimo: neste caso, uma substância capaz de gerar um campo local deveria ser introduzida em todos os lugares onde a influência máxima é necessária.
<b>1.2 Destruir modelos Substância-Campo</b>	
<b>1.2.1 Eliminando a interação prejudicial ao introduzir S3</b>	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, não é necessário que estas substâncias sejam estreitamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma terceira substância entre estas duas substâncias, que não tem custo (ou aproximadamente).
<b>1.2.2 Eliminando a interação prejudicial através da introdução de S1modificado e/ou S2</b>	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, estas substâncias não têm de ser imediatamente adjacentes uma à outra, no entanto, a descrição do problema inclui restrições sobre a introdução de substâncias estranhas, o problema pode ser resolvido introduzindo, entre estas duas substâncias, uma terceira substância, que é uma modificação das substâncias existentes.
<b>1.2.3 "Retirar" uma ação prejudicial</b>	Se for necessário para eliminar a ação prejudicial de um campo de uma substância, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma segunda substância que "retira" a ação prejudicial.
<b>1.2.4 Neutralizar uma ação prejudicial com F2</b>	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo e estas substâncias, ao contrário das soluções padrão 1.2.1 e 1.2.2, devem ser imediatamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido através da criação de um modelo duplo de Substância-Campo, em que a ação útil é executada pelo campo F1 e o segundo campo F2, neutraliza a ação prejudicial ou transforma a ação prejudicial numa ação útil.

<b>Classe 2. Melhorando os modelos Substância-Campo</b>	
<b>2.1 Transição para modelos Substância-Campo complexos</b>	
<b>2.1.1 Modelo de cadeia de Substância-Campo</b>	<p>Se é necessário para melhorar um modelo de Substância-Campo, o problema pode ser resolvido mediante a transformação de um elemento do modelo em uma forma independente-controlada do modelo Substância-Campo completo e criar um modelo de cadeia.</p> <p>S3 ou S4, por sua vez podem ser transformados em um modelo de Substância-Campo completo.</p>
<b>2.1.2 Modelo Substância-Campo duplo</b>	<p>Se é necessário para melhorar um modelo Substância-Campo de difícil controle e a substituição de elementos é proibida, o problema pode ser resolvido através da construção de um modelo duplo através da aplicação de um segundo campo facilmente controlado.</p>
<b>2.2 Impondo modelos Substância-Campo</b>	
<b>2.2.1 Aplicação de campos mais controláveis</b>	<p>Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de um campo incontrolável ou de difícil controle por um que é facilmente controlado.</p>
<b>2.2.2 Fragmentação de S2</b>	<p>Um modelo de Substância-Campo pode ser melhorada através do aumento do grau de fragmentação da substância utilizada como uma ferramenta.</p>
<b>2.2.3 Aplicação de substâncias capilares e porosas</b>	<p>Um caso especial de fragmentação da substância é a transição de uma substância sólida para uma capilar ou porosa. Esta transição prossegue de acordo com a seguinte linha:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- substância sólida</li> <li>- substância sólida com uma cavidade</li> <li>- substância sólida com várias cavidades</li> <li>- substância capilar ou porosa</li> <li>- substância capilar ou porosa com poros de estrutura e dimensões especiais</li> </ul> <p>À medida que a substância desenvolve de acordo com esta linha, a possibilidade de colocar um líquido nas cavidades ou poros cresce, bem como a aplicação de alguns dos fenômenos naturais.</p>
<b>2.2.4 Dinamização</b>	<p>Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado para aumentar o seu nível de dinamismo, isto é, fazendo a estrutura do sistema mais flexível e fácil de mudar.</p>

2.2.5 Campos estruturantes	<p>Um modelo Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de áreas homogêneas ou campos não estruturados tanto por campos heterogêneos como por campos de estrutura espacial permanente ou variável.</p> <p>Em particular, se é necessário para conferir uma estrutura especial espacial a uma substância, que é (ou pode ser) incorporada no modelo Substância-Campo, o processo de estruturação deve ser realizada em um campo tendo uma estrutura que corresponde à estrutura necessária da substância.</p>
2.2.6 Substâncias estruturantes	<p>Um modelo Substância-Campo pode ser melhorado, substituindo substâncias homogêneas ou não estruturadas tanto por substâncias heterogêneas como por substâncias com estrutura espacial permanente ou variável.</p> <p>Em particular, se for necessário para obter aquecimento intensivo em locais definidos, pontos ou linhas do sistema, recomenda-se que uma substância exotérmica seja introduzida antes do tempo.</p>
<b>2.3 Aplicação por ritmos correspondentes</b>	
2.3.1 Correspondendo os ritmos do F e S1 ou S2	A ação de um campo em um modelo Substância-Campo deve ser correspondido (ou intencionalmente mal correspondido) entre a frequência e a frequência natural do produto ou ferramenta.
2.3.2 Correspondendo os ritmos de F1 e F2	As frequências de campos aplicados em modelos Substância-Campo complexos devem ser compatíveis ou intencionalmente incompatíveis.
2.3.3 Correspondendo ações incompatíveis ou previamente independentes	Se duas ações são incompatíveis, uma delas deve ser realizada durante as pausas da outra. Em geral, as pausas numa ação devem ser preenchidas por outra ação útil.
<b>2.4 Modelos de campo ferromagnético (modelos Substância-Campo complexos forçados)</b>	
2.4.1 Modelos pré-ferro-campo	Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado pela utilização de substâncias ferromagnéticas, juntamente com um campo magnético.
2.4.2 Modelos ferro-campo	<p>Para melhorar a controlabilidade do sistema, é sugerido que um modelo Substância-Campo ou pré-ferro-campo seja substituído por um modelo de ferro-campo. Para fazer isto, as partículas ferromagnéticas devem ser substituídas por (ou adicionados a) uma substância, e um campo magnético ou eletromagnético aplicado. Fichas, grânulos, grãos, etc., podem também ser considerados como partículas ferromagnéticas. A eficiência de controle aumenta com a maior fragmentação das partículas ferromagnéticas. Assim, modelos ferro-campo evoluem de acordo com a seguinte linha: granulado - pó - partículas ferromagnéticas finamente moídas. A eficiência de controle também aumenta ao longo da linha em relação a essa na qual a substância da partícula de ferro está incluído: substância sólida - grânulos - pó - líquido.</p>

<b>2.4.3 Líquidos magnéticos</b>	Modelos ferro-campo podem ser melhorados através da utilização de líquidos magnéticos. Um líquido magnético é uma solução coloidal de partículas ferromagnéticas em um líquido, tal como o querosene, o silicone, a água, etc. A solução padrão 2.4.3 pode ser considerada o último caso da evolução de acordo com a
<b>2.4.4 Aplicando estruturas capilares em modelos ferro-campo</b>	Modelos ferro-campo podem ser melhorados utilizando as estruturas capilares ou porosas inerentes em muitos destes modelos.

### **Classe 3. Transição para supersistema e níveis micro**

#### **3.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas**

<b>3.1.1 Sistema de transição 1- a: a criação de bi-sistemas e poli-sistemas</b>	O desempenho do sistema, em qualquer fase da evolução pode ser reforçado por transição do sistema 1-a: combinando o sistema com um outro sistema(s), construindo assim um bi-sistema ou um poli-sistema complexo.
<b>3.1.2 Elos reforçados em bi-sistemas e poli-sistemas</b>	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do desenvolvimento dos elos das relações entre os seus elementos.
<b>3.1.3 Sistema de transição 1- b: aumentar as diferenças entre elementos</b>	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do aumento das diferenças entre os seus elementos de transição (sistema 1-b): a partir de elementos idênticos, para elementos com características alteradas, para um conjunto de elementos diferentes, para uma combinação de características invertidas - ou "elemento e anti-elemento".
<b>3.1.4 Simplificação dos bi-sistemas e poli-sistemas</b>	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da simplificação do sistema, em primeiro lugar, sacrificando peças auxiliares. Completamente simplificado bi-sistemas e poli-sistemas tornam-se mono- sistemas de novo, e todo o ciclo pode ser repetido com um novo nível.
<b>3.1.5 Sistema de transição 1- c: características opostas do todo e suas partes</b>	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da separação das características incompatíveis entre o sistema como um todo e suas partes (transição de sistema 1-c). Como resultado, o sistema é utilizado em dois níveis, com todo o sistema a ter a característica F, e as suas partes ou partículas tendo a característica oposta, anti-F.



<b>Classe 4. Soluções-Padrão para a detecção e medição</b>	
<b>4.1 Métodos indiretos</b>	
4.1.1 Substituir a detecção ou a medição com a alteração do sistema	Se tiver um problema com a detecção ou a medição, é adequado modificar o sistema de uma maneira que torna a necessidade de resolver o problema obsoleto.
4.1.2 Aplicação de cópias	Se tem um problema com a detecção ou medição, e é impossível aplicar a solução padrão 4.1.1, é adequado manipular uma cópia ou uma foto de um objeto em vez do próprio objeto.
4.1.3 Medição como duas detecções consecutivas	Se tiver um problema com a detecção ou medição e é impossível aplicar as Soluções-Padrão 4.1.1 e 4.1.2, é adequado transformar o problema em um, onde duas detecções consecutivas de variação são efetuadas.
<b>4.2 Construção de medição de modelos Substância-Campo</b>	
4.2.1 Medição do modelo Substância-Campo	Se um modelo Substância-Campo incompleto é difícil de medir ou detectar, o problema pode ser resolvido por preenchimento de um regular ou duplo modelo Substância-Campo com um campo numa saída.
4.2.2 Medição do modelo complexo Substância-Campo	Se um sistema ou a sua parte é difícil de detectar ou medir, o problema pode ser resolvido por transição para o interior ou exterior do modelo complexo de Substância-Campo com a introdução de aditivos de fácil detecção.
4.2.3 Medição do modelo Substância-Campo com o meio ambiente	Se um sistema é difícil de detectar ou medir em certos momentos no tempo, e é impossível introduzir aditivos, devem ser introduzidos nos ambientes aditivos capazes de gerar uma fácil detecção (ou fácil medição) do campo; alterações no estado do ambiente irão fornecer informações sobre as alterações no sistema.
4.2.4 Obtenção de aditivos no ambiente	Se não for possível a introdução de aditivos no meio ambiente em conformidade com a solução padrão 4.2.3, estes aditivos podem ser produzidos no próprio ambiente, por exemplo, através da sua destruição ou alterando o seu estado de fase. No gás, em particular ou bolhas de vapor obtidas por electrólise, ou por cavitação, ou outros métodos são frequentemente aplicados.

<b>4.3 Reforçando a medição dos modelos Substância-Campo</b>	
<b>4.3.1 Aplicando efeitos físicos e fenômenos</b>	A eficácia de medição e/ou detecção de um modelo Substância-Campo pode ser reforçada pela utilização de fenômenos físicos.
<b>4.3.2 Aplicando oscilações de ressonância de uma amostra</b>	Se é impossível detectar diretamente ou medir as mudanças num sistema e passar um campo através do sistema também é impossível, o problema pode ser resolvido através da geração de oscilações de ressonância de qualquer sistema como um todo ou uma parte dele; variações na frequência de oscilação fornecem informações sobre alterações do sistema.
<b>4.3.3 Aplicando oscilações de ressonância de um objeto combinado</b>	Se a aplicação de solução padrão 4.3.2 é impossível, a informação sobre o estado do sistema pode ser obtida através de oscilações livres de um objeto exterior ou do ambiente, ligadas ao sistema.
<b>4.4 Transição para ferro-campo modelos</b>	
<b>4.4.1 Medição do modelo pré-ferro-campo</b>	Modelos Substância-Campo com campos não magnéticos, são capazes de se transformar em modelos pré-ferro-campo que contenham substâncias magnéticas e um campo magnético.
<b>4.4.2 Medição modelo de ferro-campo</b>	A eficácia de uma medição e/ou detecção de um modelo substância-campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, substituindo uma das substâncias com partículas ferromagnéticas ou pela adição de partículas ferromagnéticas.
<b>4.4.3 Medição complexa do modelo de ferro-campo</b>	Se a eficácia de medição e/ou de detecção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a substituição de substâncias com partículas ferromagnéticas é proibida, esta transição pode ser realizada através da criação de um modelo complexo de ferro-campo através da introdução de aditivos na substância.
<b>4.4.4 Medição modelo ferro-campo com o meio ambiente</b>	Se a eficácia de medição e / ou de detecção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a introdução de partículas ferromagnéticas é proibida, as partículas devem ser introduzidos no ambiente.
<b>4.4.5 Aplicação de efeitos físicos e fenômenos</b>	A eficácia de uma medição e / ou detecção do modelo Substância-Campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através da aplicação de fenômenos físicos.

<b>4.5 Direção da evolução de sistemas de medição</b>	
<b>4.5.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas</b>	A eficácia de uma medição e / ou detecção do modelo substância-campo ou pré-ferro-campo em qualquer fase da evolução pode ser melhorada através da construção de um bi-sistema ou de um poli-sistema.
<b>4.5.2 Direção da evolução</b>	Sistemas de medição e / ou detecção evoluem na seguinte direção:  -medição de uma função -medição da primeira derivada da função -medição da segunda derivada da função

## **Classe 5. Normas para a aplicação das Soluções-Padrão**

### **5.1 Introduzindo substâncias**

<b>5.1.1 Métodos indiretos</b>	Se as condições de trabalho não permitem a introdução de substâncias num sistema, as seguintes maneiras indiretas devem ser utilizadas:  - aplicação do "vazio" (espaço aberto) em vez da substância - introdução de um campo em vez da substância - aplicação de um aditivo externo, em vez de um interno - introduzindo uma pequena quantidade de um aditivo muito ativo - introdução de uma pequena quantidade do aditivo na forma concentrada em locais específicos - introduzindo o aditivo temporariamente - aplicando um modelo ou cópia de um objeto, em vez do próprio objeto, permitindo a introdução de aditivos - obtenção de aditivos necessários através da decomposição dos produtos químicos introduzidos
<b>5.1.2 Dividir uma substância</b>	Se um sistema não responde a alterações, e modificar a ferramenta ou introduzir aditivos é proibido, partes que interagem da peça de trabalho podem ser utilizadas em vez da ferramenta.
<b>5.1.3 Auto eliminação de substâncias</b>	Após a realização do seu trabalho, uma substância introduzida deve desaparecer ou tornar-se idêntica a substâncias já existentes no sistema ou no meio ambiente.
<b>5.1.4 Introduzindo substâncias em grandes quantidades</b>	Se as condições não permitem a introdução de grandes quantidades de uma substância, o "vazio" como estrutura inflável ou de espuma pode ser utilizada em vez da substância.

<b>5.2 Introdução de campos</b>	
<b>5.2.1 Uso múltiplo de campos disponíveis</b>	Se for necessário introduzir um campo em um modelo substância-campo, deve-se em primeiro lugar, aplicar campos existentes cujos portadores são as substâncias envolvidas.
<b>5.2.2 Introdução de campos a partir do ambiente</b>	Se é necessário introduzir um campo, mas é impossível fazê-lo, de acordo com solução padrão 5.2.1, tente aplicar campos existentes no meio ambiente.
<b>5.2.3 Utilizar substâncias capazes de originar campos</b>	Se um campo não pode ser introduzido em conformidade com as Soluções-Padrão 5.2.1 e 5.2.2, deve-se aplicar campos que podem ser gerados por substâncias existentes no sistema ou no ambiente.
<b>5.3 Transições de fase</b>	
<b>5.3.1 Transição de fase 1: mudança de fase</b>	A eficácia da aplicação de uma substância (sem a introdução de outras substâncias) pode ser melhorada através da transição de fase 1, isto é, por transformação de fase de uma substância existente.
<b>5.3.2 Transição de fase 2: estado de fase dinâmico</b>	As características duais de uma substância podem ser realizadas através da transição de fase 2, isto é, através da utilização de substâncias capazes de alterar o seu estado de fase, dependendo das condições de trabalho.
<b>5.3.3 Transição de fase 3: utilizando fenômenos associados</b>	Um sistema pode ser melhorado usando a transição de fase 3, isto é, mediante a aplicação de fenômenos que acompanham uma transição de fase.
<b>5.3.4 Transição de fase 4: transição para um estado de dupla fase</b>	As características duais de um sistema podem ser realizadas através da transição de fase 4, isto é, por substituição de um estado monofásico por um estado de fase dupla.
<b>5.3.5 Interação de fase</b>	A eficácia de um sistema utilizando a transição de fase 4, pode ser melhorada através da criação de interações entre as partes ou fases do sistema.